



**ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LTE-ADVANCED CARRIER
AGGREGATION DI DAERAH URBAN**

SKRIPSI

Oleh

**Rahlay Prawira Hadi Kusuma
NIM 131910201024**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LTE-ADVANCED CARRIER
AGGREGATION DI DAERAH URBAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Rahlay Prawira Hadi Kusuma
NIM 131910201024**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi berjudul ”Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Carrier Aggregation Di Daerah Urban” telah disetujui pada:

hari, tanggal : Kamis. 30 Januari 2020

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota

Dodi Setiabudi, S.T.,M.T.

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

NIP 19840531 200812 1 004

NIP 19680119 199702 1 001

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan langkah awal kesuksesan yang saya raih untuk mendekati masa depan dan meraih cita-cita di dalam hidup saya. Dengan penuh rasa syukur dengan ketulusan hati saya persembahkan karya ini kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak Abdurrahman dan Ibu Laily Darwati S.Pd. tercinta dan tersayang dan Kakak saya Rachlai Eko Arisetiawan S.Pd., M.Pd. beserta Arfi Dwi Sagita Megawati A.md. Keb. yang sangat saya banggakan;
2. Dosen Pembimbing Utama Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T. dan Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota atas kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing saya menyelesaikan skripsi ini;
3. Keluarga Besar Satuan Menwa 807 Universitas Jember;
4. Keluarga Ikatan Teknik Elektro Universitas Jember 2013 (INTEL Universitas Jember);
5. Keluarga Besar Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Keluarga Besar Asisten Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan Fakultas Teknik Universitas Jember.
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Tell him what to think then you make him

Slave to your knowledge,

Teach him how to think,

You will make the knowledge his slave.)*

The best way to predict

*The future is to create it.**)*

“Berikan yang terbaik

Selama kau mampu,

Menjadi yang terbaik”.***)

*) Anonim – terbaca dipintu ruang kerja Prof. Andi Hakim Nasoetion (Guru Besar Statistika IPB Bogor 1998

***) Abraham Lincoln

***) Rahlay Prawira Hadi Kusuma

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahlay Prawira Hadi Kusuma

NIM : 131910201024

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “Analisis Perencanaan Jaringan *LTE-Advanced Carrier Aggregation* Di Daerah Urban” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Januari 2020

Yang menyatakan,

Rahlay Prawira Hadi Kusuma
NIM 131910201024

SKRIPSI

**ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LTE-ADVANCED CARRIER
AGGREGATION DI DAERAH URBAN**

Rahlay Prawira Hadi Kusuma
NIM 131910201024

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dodi Setiabudi, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Perencanaan Jaringan *LTE-Advanced Carrier Aggregation* Di Daerah Urban” karya Rahlay Prawira Hadi Kusuma telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Kamis, 30 Januari 2020

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP. 19840531 200812 1 004

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.
NIP. 19680119 199702 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T.
NIP. 760014640

Dedy Wahyu Herdiyanto, S.T., M.T.
NIP. 760017097

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Carrier Aggregation Di Daerah Urban; Rahlay Prawira Hadi Kusuma 131910201024; 2020: 106 halaman; Program Studi Strata 1 (S1) Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Teknologi *3GPP Long Term Evolution* atau biasa di singkat dengan LTE di Indonesia masih belum optimal dalam pengalokasian spektrum frekuensi yang digunakan pada teknologi LTE tersebut. Pada saat dikenalkannya teknologi 4G di Indonesia memiliki nilai sebesar 90% dari total populasi penduduk Indonesia. Dengan menggunakan metode *carrier aggregation* tersebut maka di butuhkan juga dalam penambahan perangkat antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) sangatlah penting, guna mengatasi pergerakan data yang cepat.

Pada tugas akhir ini akan membahas tentang perencanaan LTE- *Advanced* dengan wilayah yang digunakan untuk penelitian tersebut yaitu daerah urban. Pertukaran informasi yang sangat cepat dan padat maka dari itu diperlukan perancangan jaringan LTE-*Advanced* secara tepat dalam menggunakan metode *inter band non-contiguous carrier aggregation* dan skenario *carrier aggregation deployment scenario 3 (CADS3)* dengan pendekatan *planning by capacity* dan *planning by coverage* pada frekuensi *Primary cell* 1800 MHz mode FDD dengan bandwidth 22,5 MHz dan frekuensi *Secondary Cell* 900 MHz mode FDD dengan bandwidth 7,5 MHz di daerah urban, adapun beberapa parameter yang akan digunakan *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)*, *Block Error Rate (BLER)* dan *Throughput*. Dengan beberapa analisis dari parameter penambahan perangkat antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) tersebut dapat mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi pada operator seluler untuk perencanaan LTE-*Advanced*.

Tujuan dari penelitian ini pertama dapat merencanakan jaringan teknologi LTE-*Advanced* di daerah urban dengan metode *Carrier Aggregation*, kedua menganalisis kinerja perencanaan yang meliputi parameter: jumlah *site* yang dibutuhkan, *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)*, *Block Error Rate (BLER)* dan *Throughput* dari masing-

masing skenario *plotting site*, ketiga menghitung jumlah *cell* dan *site* yang dibutuhkan seoptimal mungkin pada skenario *carrier aggregation deployment scenario 3* (CADS3), di daerah urban dan keempat dapat mengetahui dari pengaruh penggunaan antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) pada perencanaan LTE – *Advanced* di daerah urban.

Hasil penelitian menunjukkan Perencanaan LTE-*Advanced* di wilayah urban dengan metode *carrier aggregation* menyediakan kapasitas sel arah *downlink* dengan skema antenna MIMO 2X2 CADS3 sebesar 107,99 Mbps, skema antenna MIMO 4X4 CADS3 sebesar 215,99 Mbps, skema antenna MIMO 8X8 CADS3 sebesar 431,99 Mbps, skema antenna MIMO 2X2 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) sebesar 144,71 Mbps, skema antenna MIMO 4X4 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) sebesar 289,43 Mbps dan untuk skema antenna MIMO 8X8 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) sebesar 578,87 Mbps.

Untuk Perencanaan di wilayah urban skema yang sangat tepat untuk diterapkan di daerah tersebut adalah skema antenna MIMO 2X2 CADS3 dikarenakan dari segi nilai CINR rata - rata yaitu sebesar 6,31 dB serta nilai *throughput* adalah nilai yang paling baik diantara skema yang lain yaitu sebesar 33,08 Mbps dan mampu mencakup seluruh luas wilayah urban yaitu seluas 47,57 Km²

SUMMARY

Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Carrier Aggregation Di Daerah Urban; Rahlay Prawira Hadi Kusuma 131910201024; 2020: 106 pages; Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

3GPP Long Term Evolution technology or commonly in short with LTE in Indonesia is still not optimal in allocating the frequency spectrum used in the LTE technology. When the introduction of 4G technology in Indonesia had a value of 90% of the total population of Indonesia. By using the carrier aggregation method, it is also necessary to add an MIMO (Multiple Input Multiple Output) antenna device that is very important, in order to overcome the fast movement of data.

In this final project will discuss about LTE-Advanced planning with the area used for the research that is urban areas. The exchange of information is very fast and dense, therefore it is necessary to design the LTE-Advanced network appropriately in using the non-contiguous carrier aggregation inter band method and the carrier aggregation deployment scenario scenario 3 (CADS3) with the planning by capacity and planning by coverage approach at the Primary frequency 1800 MHz FDD cell mode with a bandwidth of 22.5 MHz and 900 MHz Secondary Cell frequency FDD mode with a 7.5 MHz bandwidth in urban areas, as for some parameters that will be used Reference Signal Received Power (RSRP), Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)), Block Error Rate (BLER) and Throughput. With some analysis of the parameters of the addition of MIMO (Multiple Input Multiple Output) antenna devices, it can optimize the use of frequency spectrum in cellular operators for LTE-Advanced planning.

The purpose of this study is to first plan the LTE-Advanced technology network in urban areas with the Carrier Aggregation method, secondly to analyze the performance of the plan which includes parameters: number of sites needed, Reference Signal Received Power (RSRP), Carrier Interference to Noise Ratio (CINR), Block Error Rate (BLER) and Throughput of each plotting site scenario, the third counts the number of cells and sites needed as optimal as possible in the scenario of carrier aggregation deployment scenario 3 (CADS3), in urban areas and

the fourth can determine the effect of using MIMO antennas (Multiple Input Multiple Output) on LTE - Advanced planning in urban areas.

The results showed LTE-Advanced Planning in urban areas with carrier aggregation method provides downlink cell capacity with MIMO 2X2 CADS3 antenna schemes of 107.99 Mbps, MIMO 4X4 CADS3 antenna schemes of 215.99 Mbps, MIMO 8X8 CADS3 antenna schemes of 431, 99 Mbps, MIMO 2X2 CADS3 Soft frequency reuse (SFR) antenna scheme of 144.71 Mbps, MIMO 4X4 CADS3 Soft frequency reuse (SFR) antenna scheme of 289.43 Mbps and for MIMO 8X8 CADS3 Soft frequency reuse (SFR) antenna scheme of 289.43 Mbps and for MIMO 8X8 CADS3 Soft frequency reuse (SFR) antenna schemes 578.87.

For planning in urban areas a very appropriate scheme to be implemented in the area is the MIMO 2X2 CADS3 antenna scheme because in terms of the average CINR value of 6.31 dB and the throughput value is the best value among the other schemes of 33.08 Mbps and able to cover the entire urban area which is 47.57 Km². With priority throughput.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirohim.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Carrier Aggregation Di Daerah Urban”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., selaku Rektor Universitas Jember.
2. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dosen Pembimbing Utama Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T. dan Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I, Dedy Wahyu Herdiyanto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
5. Alm. Bambang Supeno, S.T., M.T., dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Bapak Abdurrahman dan Ibu Laily Darwati S.Pd selaku orangtua tercinta saya yang telah memberikan dukungan moril dan materiil serta kasih sayang yang tak terhingga sepanjang masa;
7. Keluarga Besar Satuan Menwa 807 Universitas Jember senior-senior yang telah membimbing saya yaitu angkatan 61, 62 dan 63 dan junior-junior yang telah memberikan semangat kepada saya yaitu angkatan 65,66,67,68,69 dan 70;
8. Keluarga Kecil Angkatan 64 Satuan Menwa 807 Universitas Jember yang telah memberikan warna dalam kehidupan;

9. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Universitas Jember;
10. Keluarga besar Teknik Elektro khususnya angkatan 2013 (INTEL Universitas Jember), terimakasih atas dukungan dan motivasi yang kalian berikan;
11. Keluarga kecil Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Jember.
12. Keluarga kecil Asisten Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan Fakultas Teknik Universitas Jember.
13. Sahabat dari sejak SD, SMP hingga SMA sampai sekarang yang selalu memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi;
14. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih banyak yang mana telah mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik-Nya sehingga sebagai manusia biasa, penulis selalu terbuka terhadap masukan dan menerima segala kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan tidak lupa juga penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kesalahan dan kekeliruan di dalam skripsi ini.

Jember,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO	v
PERNYATAAN.....	vi
PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Matriks Perumusan Masalah	5
2.2 Antena MIMO (<i>Multiple Input Multiple Output</i>).....	8
2.3 <i>Long Term Evolution (LTE) - Advanced</i>	9

2.4	<i>Carrier Aggregation (CA)</i>	11
2.5	<i>Soft Frequency Reuse (SFR)</i>	13
2.6	Perencanaan Berdasarkan Kapasitas	14
2.6.1	Estimasi Jumlah Pelanggan.....	15
2.6.2	<i>Throughput Layanan</i>	15
2.6.3	<i>Single User Throughput dan Network Throughput</i>	16
2.6.4	Kapasitas Sel	18
2.6.5	<i>Cell Dimensioning</i>	19
2.7	Perencanaan Cakupan	19
2.7.1	Perhitungan <i>Link Budget</i>	20
2.7.2	Perhitungan Model Propagasi Cost 231 Hatta	22
2.7.3	<i>Cell Dimensioning</i>	23
2.8	<i>Software radio Planning Atoll</i>	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Tahap Penelitian	25
3.2	Tempat Penelitian	26
3.3	Metode Penelitian	27
3.4	Diagram Alir Penelitian	28
3.5	Skenario <i>Plotting Site</i>	31
3.5.1	<i>Carrier Aggregation Deployment Scenario 3 (CADS3)</i>	31
3.5.2	<i>Soft Frequency Reuse (SFR)</i>	32
3.5.3	Hasil Simulasi	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	<i>Reference Signal Received Power (RSRP) Antenna MIMO</i> ...	35
4.2	Perencanaan Kapasitas (<i>Planning by Capacity</i>)	36

4.2.1	Estimasi Jumlah Pelanggan.....	36
4.2.2	<i>Throughput</i> layanan	37
4.2.3	<i>Single User Throughput</i> dan <i>Network Throughput</i>	38
4.2.4	Kapasitas Sel	40
4.2.5	<i>Cell Dimensioning</i>	43
4.3	Perencanaan Cakupan (<i>Planning by Coverage</i>).....	46
4.3.1	Perhitungan <i>Link Budget</i>	46
4.3.2	Perhitungan Model Propagasi Cost 231 Hatta	49
4.3.3	<i>Cell Dimensioning</i>	50
4.4	Simulasi <i>Software Radio Planning Atoll</i>.....	51
4.4.1	<i>Plotting Site</i> pada <i>Software Atoll</i>	51
4.4.2	Simulasi <i>Coverage by Reference Signal Received Power (RSRP)</i>	52
4.4.3	Simulasi <i>Coverage by Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)</i>	62
4.4.4	Simulasi <i>Coverage by Block Error Rate (BLER)</i>	73
4.4.5	Simulasi <i>Coverage by Throughput</i>	82
4.4.6	Hasil Simulasi Perencanaan pada Setiap Skema.....	91
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	94
5.1	Kesimpulan	94
5.2	Saran.....	94
	DAFTAR PUSTAKA.....	96
	LAMPIRAN.....	98

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Matriks Perumusan Masalah.....	5
Tabel 2.2 Alokasi Daya Pancar dan <i>Bandwidth Soft Frequency Reuse</i>	14
Tabel 2.3 Parameter <i>Service Model</i>	16
Tabel 2.4 Parameter <i>Traffic Model</i> Berdasarkan Morfologi.....	17
Tabel 2.5 <i>Peak Average to Ratio</i> Berdasarkan Morfologi.....	17
Tabel 2.6 Hubungan <i>RB Number</i> dengan <i>Bandwidth</i>	19
Tabel 3.1 Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk Berdasarkan Daerah Urban	29
Tabel 3.2 Parameter <i>Link Budget</i> Arah <i>Uplink</i>	29
Tabel 3.3 Parameter <i>Link Budget</i> Arah <i>Downlink</i>	29
Tabel 3.4 Pengaturan <i>Azimuth Antenna primary cell</i> dan <i>secondary cell</i>	31
Tabel 3.5 Hasil Simulasi	33
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan <i>Throughput/Session</i> untuk Setiap Parameter trafik.	38
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Single User Throughput</i>	39
Tabel 4.3 Parameter <i>Link Budget</i> arah <i>Uplink</i>	47
Tabel 4.4 Parameter <i>Link Budget</i> Arah <i>Downlink</i>	48
Tabel 4.5 Lokasi <i>Site</i> pada <i>Software Atoll</i>	51
Tabel 4.6 Kategori Nilai <i>RSRP</i>	52
Tabel 4.7 <i>CINR Level Quality</i>	63
Tabel 4.8 <i>Throughput Level Quality</i>	82
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Perencanaan pada Setiap Skema	92

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 MIMO (<i>Multiple Input Multiple Output</i>)	8
Gambar 2.2 Teknologi Pendukung LTE- Advanced	10
Gambar 2.3 Fitur <i>carrier aggregation</i>	11
Gambar 2.4 <i>Carrier Aggregation Deployment Scenario</i>	12
Gambar 2.5 <i>Soft Frequency Reuse</i>	14
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	25
Gambar 3.2 <i>Carrier Aggregation Deployment Scenario 3</i>	32
Gambar 3.3 <i>Soft Frequency Reuse</i>	32
Gambar 4.1 Posisi <i>Site</i> pada map <i>software</i> Atoll.....	52
Gambar 4.2 <i>Coverage by RSRP</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3	53
Gambar 4.3 Histogram RSRP Skema Antena MIMO 2X2 CADS3.....	54
Gambar 4.4 <i>Coverage by RSRP</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3	54
Gambar 4.5 Histogram RSRP Skema Antena MIMO 4X4 CADS3.....	55
Gambar 4.6 <i>Coverage by RSRP</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3	56
Gambar 4.7 Histogram RSRP Skema Antena MIMO 8X8 CADS3.....	57
Gambar 4.8 <i>Coverage by RSRP</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR.....	57
Gambar 4.9 Histogram RSRP Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR	58
Gambar 4.10 <i>Coverage by RSRP</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR.....	59
Gambar 4.11 Histogram RSRP Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR	60
Gambar 4.12 <i>Coverage by RSRP</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR.....	61
Gambar 4.13 Histogram RSRP Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR	62
Gambar 4.14 <i>Coverage by CINR</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3.....	63
Gambar 4.15 Histogram CINR Skema Antena MIMO 2X2 CADS3	64
Gambar 4.16 <i>Coverage by CINR</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3.....	65
Gambar 4.17 Histogram CINR Skema Antena MIMO 4X4 CADS3	66
Gambar 4.18 <i>Coverage by CINR</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3.....	66
Gambar 4.19 Histogram CINR Skema Antena MIMO 8X8 CADS3	67
Gambar 4.20 <i>Coverage by CINR</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR.....	68

Gambar 4.21 Histogram CINR Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR.....	69
Gambar 4.22 <i>Coverage by CINR</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR	70
Gambar 4.23 Histogram CINR Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR.....	71
Gambar 4.24 <i>Coverage by CINR</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR	72
Gambar 4.25 Histogram CINR Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR.....	73
Gambar 4.26 <i>Coverage by BLER</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3	74
Gambar 4.27 Histogram BLER Skema Antena MIMO 2X2 CADS3	75
Gambar 4.28 <i>Coverage by BLER</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3	75
Gambar 4.29 Histogram BLER Skema Antena MIMO 4X4 CADS3	76
Gambar 4.30 <i>Coverage by BLER</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3	77
Gambar 4.31 Histogram BLER Skema Antena MIMO 8X8 CADS3	77
Gambar 4.32 <i>Coverage by BLER</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR	78
Gambar 4.33 Histogram BLER Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR	79
Gambar 4.34 <i>Coverage by BLER</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR	79
Gambar 4.35 Histogram BLER Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR	80
Gambar 4.36 <i>Coverage by BLER</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR	81
Gambar 4.37 Histogram BLER Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR	81
Gambar 4.38 <i>Coverage by Throughput</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3	83
Gambar 4.39 Histogram <i>Throughput</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3.....	84
Gambar 4.40 <i>Coverage by Throughput</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3	84
Gambar 4.41 Histogram <i>Throughput</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3.....	85
Gambar 4.42 <i>Coverage by Throughput</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3	86
Gambar 4.43 Histogram <i>Throughput</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3.....	86
Gambar 4.44 <i>Coverage by Throughput</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR	87
Gambar 4.45 Histogram <i>Throughput</i> Skema Antena MIMO 2X2 CADS3+SFR	88
Gambar 4.46 <i>Coverage by Throughput</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR	89
Gambar 4.47 Histogram <i>Throughput</i> Skema Antena MIMO 4X4 CADS3+SFR	89
Gambar 4.48 <i>Coverage by Throughput</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR	90
Gambar 4.49 Histogram <i>Throughput</i> Skema Antena MIMO 8X8 CADS3+SFR	91

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerapan teknologi *3GPP Long Term Evolution* atau biasa di singkat dengan LTE di Indonesia masih belum optimal dalam pengalokasian spektrum frekuensi yang digunakan pada teknologi LTE tersebut. Pada saat dikenalkannya teknologi 4G di Indonesia memiliki nilai sebesar 90% dari total populasi penduduk Indonesia (Dirjen SDPPI Kominfo Ismail, 2019).

Berdasarkan kebutuhan pengguna saat ini maka untuk mengatasi permasalahan pengalokasian spektrum dari pemerintah kepada *provider* yang berada di Indoneisa maka 3GPP mengeluarkan teknologi terbaru yaitu LTE-*Advanced* yang dimana teknologi tersebut mendukung fitur *Carrier aggregation* (CA).

Penggunaan teknologi LTE-*Advanced* ini diharapkan dapat memberikan kecepatan data *rate* lebih tinggi, *bandwidth* lebih besar, memiliki cakupan luas dan di harapkan lebih efisien dalam pengelolaan spektrum frekuensi. Namun untuk memenuhi semua itu maka ketersediaan dari bandwidth dengan melihat dari ketersediaan untuk teknologi LTE masih terbatas sehingga dibutuhkan suatu teknik atau metode untuk menambah kapasitas bandwidth dengan menggunakan metode *carrier aggregation*. Dengan menggunakan metode *carrier aggregation* tersebut maka di butuhkan juga dalam penambahan perangkat antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) sangatlah penting, guna mengatasi pergerakan data yang cepat. (Ganang Arifian, 2016)

Penggunaan metode *carrier aggregation* dalam 4G LTE tersebut pada sistem MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dengan meningkatkan nilai *throughput* untuk menghasilkan *signal to noise* pada antena penerima guna meningkatkan luas jangkauan dan kapasitas pada *thruhoput* dalam sistem MIMO. (J.D Gadze, 2018)

Tugas akhir ini akan membahas tentang perencanaan LTE- *Advanced* dengan wilayah yang digunakan untuk penelitian tersebut yaitu daerah urban. Daerah urban merupakan suatu kawasan perkotaan yang memiliki kegiatan selain

pertanian dengan susuna fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, distribusi pelayanan jasa pemerintah, dan kegiatan ekonomi yang membutuhkan pertukaran informasi yang sangat cepat dan padat maka dari itu diperlukan perancangan jaringan LTE-Advanced secara tepat. menggunakan metode *inter band non-contiguous carrier aggregation* dan menggunakan skenario *carrier aggregation deployment scenario 3 (CADS3)* dengan pendekatan *planning by capacity* dan *planning by coverage* pada frekuensi *Primary cell* 1800 MHz mode FDD dengan bandwidth 22,5 MHz dan frekuensi *Secondary Cell* 900 MHz mode FDD dengan bandwidth 7,5 MHz di daerah urban, adapun beberapa parameter yang akan digunakan *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)*, *Block Error Rate (BLER)* dan *Throughput*. Dengan beberapa analisis dari parameter tersebut dapat mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi pada operator seluler untuk perencanaan LTE-Advanced.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut ini adalah beberapa masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perencanaan teknologi LTE-Advanced di daerah urban dengan berdasarkan kapasitas (*planning by capacity*) dan cakupan (*planning by coverage*)?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) terhadap perancangan jaringan LTE-Advanced *carrier aggregation* di daerah urban?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah penelitian diatas, agar pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan suatu pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Analisa dan simulasi perencanaan jaringan menggunakan *software planning* yaitu Atoll 3.2.1.5838.
2. Perencanaan jaringan LTE- Advanced dilakukan pada *bandwidth* 22,5 MHz frekuensi 1800 MHz mode FDD sebagai *primary cell* dan 7,5 MHz frekuensi

900 MHz mode FDD sebagai *secondary cell* di daerah urban dengan skenario yaitu, *carrier aggregation deployment scenario 3 (CADS3)*.

3. Antenna yang digunakan menggunakan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4 dan 8X8.
4. Parameter yang akan dianalisis yaitu *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)*, *Block Error Rate (BLER)* dan *Throughput*.
5. Perencanaan LTE- *Advanced* menggunakan *planning by coverage* dan *planning by capacity*.
6. Data yang digunakan adalah data sekunder.
7. Simulasi pada aplikasi Atoll 3.2.1.5838. berdasarkan asumsi perencanaan bidang datar dan tanpa menggunakan peta digital.
8. Menggunakan *Soft Frequency Reuse* sebagai manajemen interferensi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut.

1. Dapat merencanakan jaringan teknologi LTE-*Advanced* di daerah urban dengan metode *Carrier Aggregation*.
2. Menganalisis kinerja perencanaan yang meliputi parameter: jumlah *site* yang dibutuhkan, *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Carrier Interference to Noise Ratio (CINR)*, *Block Error Rate (BLER)* dan *Throughput* dari masing-masing skenario *plotting site*.
3. Menghitung jumlah *cell* dan *site* yang dibutuhkan seoptimal mungkin pada skenario *carrier aggregation deployment scenario 3 (CADS3)*, di daerah urban.
4. Dapat mengetahui dari pengaruh penggunaan antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) pada perencanaan LTE – *Advanced* di daerah urban.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dengan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dijadikan referensi dalam penggunaan jaringan LTE-Advanced dengan perencanaan *capacity* dan *coverage* di daerah urban dengan metode *carrier aggregation* dengan menggunakan antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4, dan 8X8.
2. Memberikan pemilihan skema metode *carrier aggregation* dengan menggunakan antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4, dan 8X8.
3. Dapat memberikan prediksi kebutuhan *eNode B / site* terhadap layanan LTE *Advanced* di masa mendatang di daerah urban.
4. Memberikan prediksi dalam hal pengaruh penggunaan antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Matriks Perumusan Masalah

Pada sub-bab ini menjelaskan beberapa penelitian dan berbagai jurnal yang sudah terbit sebelumnya untuk di jadikan referensi dalam melakukan penelitian. Dari beberapa jurnal penelitian sebelumnya di jelaskan bentuk matriks rumusan masalah. Pada setiap rumusan masalah dijadikan dasar dalam nmenentukan topik penelitian yang lebih luas dan terbaru dari penelitian sebelumnya. Pada tabel 2.1 matriks perumusan masalah ini diambil dari jurnal terbitan 5 tahun terakhir dan merupakan *sampel* beberapa pustaka yang di jadikan sebagai dasar dan rujukan penelitian ini. Penejelasan dari peneltiana sebelumnya di sajikan dalam tabel 2.1 matriks perumusan masalah berikut ini.

Tabel 2.1 Matriks Perumusan Masalah

No	Masalah	Solusi	Hasil	Pustaka
1.	Terbatasnya jumlah frekuensi <i>contiguous</i> pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz yang dimiliki oleh operator menjadi hambatan dalam menggelar LTE di Indonesia	Penggunaan fitur <i>carrier aggregation intra-band non-contiguous dan inter-band non-contiguous</i> menjadi solusi keterbatasan alokasi frekuensi <i>contiguous</i> yang dimiliki operator	Jaringan dengan teknik <i>carrier aggregation inter-band non-contiguous</i> lebih baik untuk diterapkan	Analisis Perencanaan LTE-Advanced Dengan Metoda <i>Carrier Aggregation Inter-Band Non-Contiguous Dan Intra-Band Non-Contiguous</i> Di Kota Bandar Lampung. Universitas Telkom. Dharma Winata Saputra dkk, 2015
2.	Ketersediaan <i>bandwidth</i> untuk teknologi LTE masih terbatas	Menambah kapasitas yaitu dengan metode <i>carrier aggregation</i> dan penambahan perangkat antenna MIMO	<i>carrier aggregation inter-band non-contiguous</i> lebih baik untuk diterapkan dengan penggabungan dua frekuensi yang ada.	Analisis Perencanaan Jaringan LTE Advanced <i>Carrier Aggregation</i> Menggunakan Antena MIMO 2x2 Dan 4x4 Di Kota Bandung. Universitas Telkom. Arifian dkk, 2016.

3.	Analisa Performansi Jaringan 4G LTE dengan studi kasus area sekitar Jalan Jend. Basuki Rachmat dan Stasiun Kota Malang	Pengukuran dengan menggunakan para meter <i>Key Performance Indicator</i> (KPI), dan dengan di dapatkan melalui <i>drive test</i> .	Kualitas jaringan 4G LTE di wilayah Kota Malang khususnya Jalan Jend. Basuki Rachmat dan Stasiun Kota Malang mendapatkan hasil baik berdasarkan dari <i>standart</i> KPI, hasil dari <i>drive test</i> .	Analisa Performansi Jaringan 4G Di Wilayah Malang. Politeknik Negeri Malang. Nidya Suroyya, dkk, 2019.
4.	Performansi jaringan seluler yang kurang baik di beberapa daerah, dibutuhkan sinyal untuk segala aktifitas Telekomunikasi.	Perencanaan LTE-Advanced menggunakan pendekatan Planning by coverage.	Mendapatkan Jumlah site, Signal Level dan CINR.	Perencanaan Pembangunan Jaringan 4g Lte Di Bandung Pada Frekuensi 2100 MHz Menggunakan Software Atoll. Akademi Telkom Sandhy Putra Jakarta. Bobby Juan Pradana dkk, 2017.

Pada paper pertama penulis melakukan penelitian tentang analisis kinerja *carrier Aggregation* dan membandingkannya dengan LTE konvensional dengan latar belakang yaitu untuk memenuhi permintaan data tingkat tinggi untuk mendukung berbagai layanan di internet perlu adanya teknik baru yang lebih baik dengan *bandwidth* yang lebar dan sistem LTE saat ini hanya dapat mencapai kecepatan hingga 100 Mbps, tetapi dengan menggunakan *carrier aggregation* dapat mencapai kecepatan data sebesar 1 Gbps dalam downlink. Dalam penelitian ini menggunakan matlab untuk membuktikan bahwa dengan *carrier aggregation* dapat membuat lebar *bandwidth* bertambah yaitu semula 20 MHz menjadi 100 MHz dan kecepataannya menjadi 1 Gbps.

Pada paper yang kedua penulis melakukan penelitian berdasarkan latar belakang LTE-Advanced Feature adalah penggabungan antara wifi dan *cellular* data, maka output *data rate* akan menjadi *double*. LTE-Advanced merupakan teknologi generasi ke 4 (4G) yang memberikan fitur-fitur terbaru demi mencapai *data rate* yang tinggi. *Data rate* untuk LTE-Advanced diharapkan mencapai 1 Gbps untuk sisi downlink dan 300 Mbps untuk sisi uplink. Salah satu fitur yang menjadi

faktor bertambahnya *data rate* adalah dengan teknik *Carrier Aggregation*. Fitur ini dapat menggabungkan dua atau lebih komponen *carrier* dengan *bandwidth* maksimum sebesar 20 MHz per *carrier* baik dalam satu *band* frekuensi maupun berbeda. Antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan sistem komunikasi yang menggunakan lebih dari satu antena dimana keduanya berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver* secara bersamaan. Dalam jurnal ini penggunaan *carrier aggregation* dapat mengoptimalkan frekuensi *existing* yang saat ini masih ditempati teknologi GSM. Parameter yang dianalisis pada jurnal kali ini adalah RSRP, CINR, *Connected user dan Throughput*.

Pada paper ketiga latar belakang penelitian ini adalah dengan melihat teknologi LTE yang berkembang sangat pesat di Indonesia terutama kota-kota besar seperti Bandung, Jakarta, Surabaya dan Malang, yang dimana masih mengalami kendala utama yaitu dalam menjaga performansi jaringan radio yang disebabkan oleh bertambah banyaknya pengguna dan kualitas *coverage* yang kurang maksimal. Oleh sebab itu dalam paper ini akan menganalisis performansi jaringan 4G di wilayah Malang, dengan menggunakan parameter dalam pengukuran performansi jaringan 4G LTE antara lain *RRC setup success rate, ERAB setup success rate, dan Call setup success rate Accessibility, call drop rate (VoIP), service drop rate (all) Retainability, handover, throughput* dan *Radio Frequency (RF)*. Wilayah yang akan di analisis yaitu area Jalan Jendral Basuki Rachmat dan area stasiun Kota Malang yang dimana merupakan tempat yang cukup ramai sehingga dibutuhkan kualitas dengan jaringan yang sangat baik. Dalam penelitian tersebut dapat menghasilkan bahwasanya kualitas jaringan pada area tersebut adalah baik menurut standar dari KPI yang didapatkan dari *drive test*, yang dimana pada area area Jalan Jendral Basuki Rachmat memiliki nilai diatas -100 dBm presentase daya yang dipancarkan sebesar 100% dengan nilai *download Throughput* 98.83% lebih dari 265 Mbps dan nilai *upload Throughput* 100% lebih dari 265 Mbps. Serta area Stasiun kota Malang memiliki nilai diatas -100 dBm presentase daya yang dipancarkan sebesar 92.39% dengan nilai *download Throughput* 96.12% lebih dari 265 Mbps dan nilai *upload Throughput* 100% lebih dari 265 Mbps.

Pada paper yang keempat penulis melakukan penelitian berdasarkan latar belakang perkembangan dalam dunia telekomunikasi saat pertama digunakan masih banyak menggunakan kabel atau sistem *wired* yang dimana sudah tidak efektif dikarenakan pada saat sekarang para *user* sudah banyak yang menggunakan *smartphone* dan membutuhkan jaringan seluler yang cepat dan luas. Performansi jaringan seluler banyak dipengaruhi beberapa faktor berikut ini, adalah *data rate*, area cakupan, topologi, ukuran jaringan, dan konsumsi daya. Yang dimana area cakupan dari antena *Base Transceiver Station* (BTS) untuk mencakup pengguna layanan seluler sehingga mendapatkan sinyal untuk melakukan segala aktifitas komunikasi data maupun *voice*. Adapun parameter yang digunakan dalam perencanaan LTE- *Advanced* menggunakan pendekatan *planning by coverage* antara lain jumlah *site* yang dibutuhkan, *signal level*, dan *CINR*. Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan kebutuhan jumlah *site* untuk mencakupi Kota Bandung pada perencanaan *coverage area* sebanyak 34 *site*.

2.2 Antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

Pada sistem komunikasi nirkabel digital, gelombang yang terpantul melalui berbagai jalur (*multipath*) akan mengakibatkan pudaran pada informasi bit (*fading*). Sinyal pantulan dan sinyal yang lurus memiliki sifat saling mengagalkan saat di terjemahkan di sisi penerima atau user.

Pada saat teknologi GSM sudah diperkenalkan adanya *Rx Diversity* yakni menggunakan dua antena pada penerima yang menangkap dua sinyal dari jalur yang berbeda kemudian membandingkan kedua runtun bit agar dapat diperkuat dengan benar.

LTE menggunakan teknologi multi antena yang terdapat baik pada pengirim dan penerima ini dikenal dengan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) (Anton Dewantoro Dkk,2014).



Gambar 2.1 MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dapat digunakan untuk meningkatkan keandalan *link* dengan cara *multipath fading*. Replika sinyal informasi di kirimkan melalui antenna yang berbeda sehingga disebut *Spatial Diversity*. Salah satu kelebihan dari menggunakan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) yaitu adalah meningkatkan kapasitas dalam pengiriman data tanpa menambah bandwidth hal ini dikenal dengan sebutan *Spatial Multiplexing*. (Anton Dewantoro. Dkk,2014)

Dalam bagian dari analisis *coverage*, *Reference Signal Received Power* (RSRP) digunakan untuk mengetahui kekuatan sinyal tetapi bukan kualitas sinyal. RSRP merupakan rata – rata linier yang dihasilkan dari sinyal referensi *downlink* dalam saluran *bandwidth*. Beberapa kegunaan dari RSRP pada jaringan LTE digunakan untuk *handover*, *cell celection*, dan *cell re-celection*.

Reference Signal Received Power (RSRP) termasuk dalam *Received Power* (RSSI). RSSI merupakan kekuatan sinyal yang di kirim pada *User Equipment* secara keseluruhan. Kekuatan sinyal yang di kirimkan dapat dihasilkan dari *cell interference* serta *Thermal noise*. Untuk mencari *Interference* dari lain *cell*, maka RSRP di modelkan sebagai :

$$RSRP (dBm) = Received Power - 10 * \log (12 * N) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Received Power : RSSI

N : *Number Of Resources Block* (E.T. Tchao, Dkk, 2018)

2.3 Long Term Evolution (LTE) - Advanced

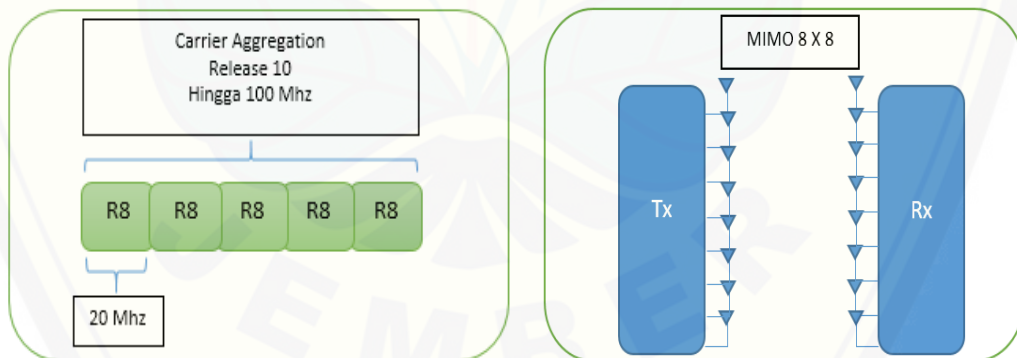
3GPP *Long Term Evolution* merupakan sebuah nama yang diberikan untuk standar teknologi komunikasi terbaru yang dimana dikembangkan oleh 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) untuk mengatasi peningkatan permintaan kebutuhan layanan komunikasi.

3GPP (*Third Generation Partnership Project*) mulai melakukan pengembangan pada sistem seluler 3G pada bulan November, 2004. 3GPP tersebut

adalah perjanjian kerja sama untuk pengembangan sistem komunikasi bergerak dalam rangka untuk mengatasi kebutuhan komunikasi di masa depan seperti halnya kecepatan data yang tinggi, efisiensi spektral, dll) (Usman,U.K, dkk, 2011).

LTE-Advanced sebagai evolusi dari LTE diharapkan mampu untuk memberikan kecepatan data *rate* yang lebih tinggi baik pada sisi *downlink* maupun *uplink*. Selain itu, evolusi menuju LTE-Advanced ini diharapkan juga dapat memberikan efisiensi dalam penggunaan *spectrum*. LTE-Advanced terus mengupayakan kapasitas jaringan yang semakin besar sebagai berikut:

1. *Peak data rates* ditingkatkan menjadi: 3 Gbps (*downlink*) dan 1,5 Gbps (*uplink*)
 2. *Efisiensi spektrum* yang lebih tinggi, dari yang semula hanya 16 bps/Hz di release 8 menjadi 30 bps/Hz di release 10.
 3. Penambahan jumlah pelanggan yang aktif secara bersamaan.
 4. Meningkatnya unjuk kerja sistem pada tepi sel yakni untuk *downlink 2x2* MIMO setidaknya menjadi 2,40 bps/Hz/sel
 5. Dukungan *bandwidth* yang lebih lebar hingga mencapai 100 MHz.
- (Anton Dewantoro. Dkk, 2014).



Gambar 2.2 Teknologi Pendukung LTE- Advanced

Dua mekanisme yang ditempuh untuk mencapai prasyarat di atas adalah dengan menggabungkan *bandwidth (carrier aggregation)* dan meningkatkan jumlah antenna yaitu, *multiple input multiple output (MIMO)* (Lingga Wardhana. Dkk, 2014).

2.4 Carrier Aggregation (CA)

3GPP Release 10 memperkenalkan teknologi LTE-Advanced baru yaitu *carrier aggregation* yang mampu meningkatkan *bandwidth* yang lebih lebar dibandingkan dengan 3GPP release 8 yang hanya memiliki *bandwidth* maksimal 20 MHz, namun dengan fitur *carrier aggregation bandwidth* maksimal mampu mencapai 100 MHz yang mendukung penggunaan beberapa operator LTE untuk transmisi *bandwidth* yang lebih luas. *Carrier aggregation* adalah salah satu fitur utama pada 4G LTE-Advanced. *Carrier aggregation* merupakan suatu metode penggabungan dua atau lebih frekuensi *carrier* baik pada *band* frekuensi yang sama maupun *band* frekuensi yang berbeda guna memperbesar penggunaan *bandwidth* sehingga dapat memenuhi *peak data rates* yang ditetapkan oleh IMT-Advanced.

Beberapa fitur *carrier aggregation* diantaranya:

1. *Intra-band contiguous carrier aggregation*

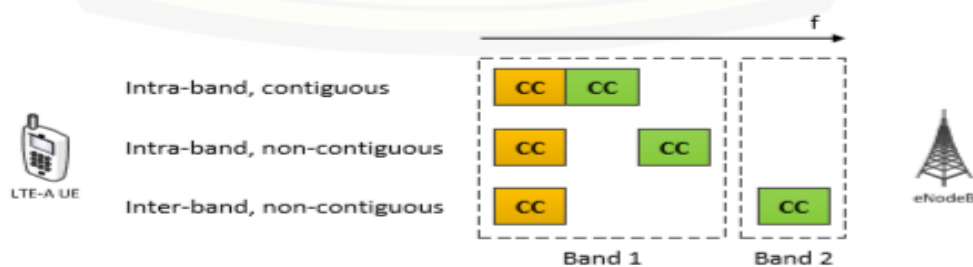
Merupakan penggabungan dua buah *component carrier* atau lebih dengan posisi bersebelahan yang berada dalam satu *band* frekuensi yang sama.

2. *Intra-band non-contiguous carrier aggregation*

Merupakan penggabungan dua buah *component carrier* atau lebih yang posisinya diselingi oleh *component carrier* lain, namun masih berada dalam satu *band* frekuensi yang sama.

3. *Inter-band non-contiguous carrier aggregation*

Merupakan penggabungan dua buah *component carrier* atau lebih yang berada pada *band* frekuensi yang berbeda (Antti Reinikainen, 2015).



Gambar 2.3 Fitur *carrier aggregation*

Beberapa fitur dari metode *carrier aggregation* telah memiliki standar dari setiap skenario didalam pelaksanaannya. Tiga skenario dalam melakukan penyebaran, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Dengan hanya mempertimbangkan dua operator komponen misalnya, katakanlah *component carrier* F1 dan F2.

Berikut tiga skenario dalam *carrier aggregation* atau biasa disebut *carrier aggregation deployment scenario* diantaranya:

1. *Carrier aggregation deployment scenario 1 (CADS 1)*

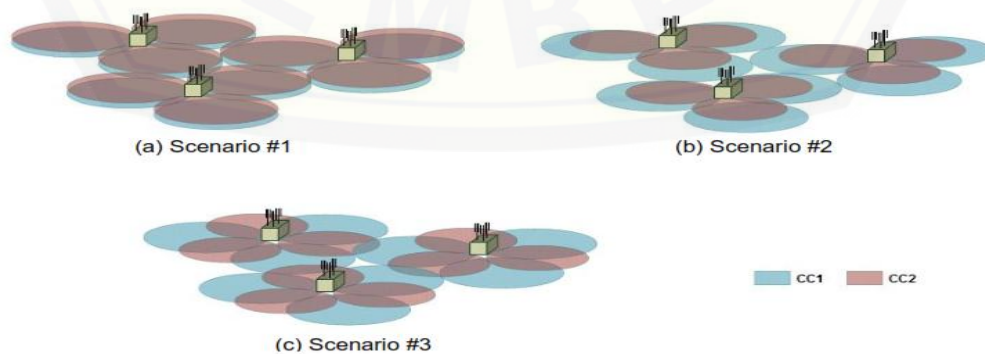
Pada skenario yang pertama kedua operator komponen berada dalam pita frekuensi yang sama dan respons antena hampir sama, memiliki cakupan yang sama. Keduanya tumpang tindih di semua area sel dan karenanya *carrier aggregation* dimungkinkan di semua area.

2. *Carrier aggregation deployment scenario 2 (CADS 2)*

Dalam skenario dua, cakupan komponen pembawa F2 memiliki cakupan yang lebih kecil daripada komponen pembawa F1, karena komponen F1 dan F2 berasal dari *band* yang terpisah secara luas. Oleh karena itu, *carrier aggregation* dimungkinkan di area yang lebih kecil, di mana mereka saling tumpang tindih.

3. *Carrier aggregation deployment scenario 3 (CADS 3)*

Pada skenario tiga, respons salah satu pembawa komponen dialihkan secara sengaja, sehingga dapat meningkatkan kinerja pengguna di tepi sel. Agregasi operator juga dimungkinkan di tepi sel dan karenanya pengguna di tepi sel juga mengalami *throughput* yang tinggi (Mallikarjun D, Priti. S. Pavale, 2013).



Gambar 2.4 *Carrier Aggregation Deployment Scenario*

2.5 Soft Frequency Reuse (SFR)

Mencapai performa yang maksimal pada jaringan LTE-Advanced dapat terhambat karena adanya permasalahan *co-channel interference*. Untuk itu perlu adanya manajemen interferensi yang harus dilakukan agar performa jaringan lebih optimal, manajemen interferensi sendiri dapat menggunakan *frequency reuse* dimana *frequency reuse* sendiri terbagi menjadi dua yaitu, *fractional frequency reuse* (FFR) dan *soft frequency reuse* (SFR).

Soft Frequency Reuse (SFR) adalah skema frekuensi reuse di mana area cakupan dibagi menjadi dua area yaitu *cell centre* dan *cell edge*. *Cell centre* adalah area cakupan sel dengan jari-jari sel R_o , menggunakan sebagian *subband bandwidth* dengan menggunakan daya pancar P_o . *Cell edge* merupakan area yang memiliki cakupan sel dengan jari-jari sel R , menggunakan skema frekuensi reuse lebih besar dari satu dan menggunakan daya pancar P , di mana P lebih besar dari P_o . Dalam skema *soft frequency reuse* sangat dibutuhkan *frequency planning* dan *power planning* untuk mendapatkan performansi yang bagus. Kelebihan dan kekurangan *Soft frequency reuse* adalah,

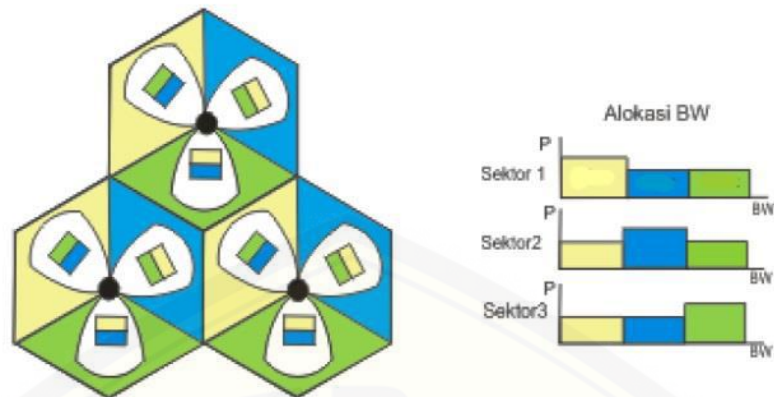
1. Kelebihan

- *Intercell interference* rendah.
- Performansi yang bagus pada *user* di pinggir sel.
- Setiap sektor dapat memakai semua *bandwidth* yang tersedia.
- Kapasitas per sel (sektor) besar.

2. Kekurangan

- Perencanaan frekuensi kompleks.
- Membutuhkan *frequency scheduling* untuk mengurangi interferensi antar sektor.

Lebih jelasnya penerapan dari skema *Soft Frequency Reuse* dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2.5 Soft Frequency Reuse

Berikut pada tabel 2.2 merupakan contoh alokasi daya pancar dan *bandwidth* frekuensi dengan menggunakan *Soft Frequency Reuse*. (Sumber: Usman,U.K, dkk, 2011)

Tabel 2.2 Alokasi Daya Pancar dan *Bandwidth Soft Frequency Reuse*

Alokasi daya pancar dan BW					
Sektor	Area	Power (Watt)	BW Channel	Frekuensi DL (MHz)	Color
1	Cell Centre	10	10 MHz	2625-2635	Yellow
2				2620-2625 & 2630-2635	Blue
3				2620-2630	Green
1	Cell Edge	30	5 MHz	2620-2625	Yellow
2				2625-2630	Blue
3				2630-2635	Green

(Sumber: Usman,U.K, dkk, 2011)

2.6 Perencanaan Berdasarkan Kapasitas

Perencanaan kapasitas merupakan suatu teknik perencanaan jaringan untuk mengetahui jumlah *site* dengan memperhatikan dan mengakomodir seluruh kebutuhan trafik pelanggan di suatu daerah. Dalam melakukan perencanaan kapasitas meliputi beberapa yaitu perhitungan estimasi jumlah pelanggan, perhitungan *throughput* layanan, perhitungan *single user* dan *network throughput*, perhitungan kapasitas sel, perhitungan radius sel dan luas cakupan sel, serta perhitungan jumlah sel (Uke Kurniawan. dkk, 2012).

2.6.1 Estimasi Jumlah Pelanggan

Berdasarkan dalam perencanaan jaringan tentu harus mempertimbangkan kebutuhan pelanggan di masa mendatang. Untuk mengantisipasi jumlah pelanggan selama periode tersebut membutuhkan prakiraan dalam estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan di masa mendatang. Estimasi jumlah pelanggan dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$U_n = U_o(1 + f_p)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- U_n : jumlah pelanggan pada tahun ke-n
- U_o : jumlah pelanggan pada tahun perencanaan. Parameter
- f_p : faktor pertumbuhan pelanggan dan
- n : jumlah tahun prediksi (Uke Kurniawan. dkk, 2012).

Estimasi jumlah pelanggan juga memperhitungkan *market share*, dengan mengetahui persentase jumlah penduduk produktif dan persentase dari *user* salah satu *provider* LTE tertentu. Secara lebih detail dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$\text{Estimasi Jumlah Pelanggan} = U_n \times Pjpp \times MS \times PPuser \quad (2.3)$$

Keterangan:

- U_n : Jumlah pelanggan pada tahun ke-n
- $Pjpp$: Persentase jumlah penduduk produktif
- MS : Persentase *Market Share* operator x
- $PPuser$: Persentase penetrasi *user* operator x

2.6.2 Throughput Layanan

Perencanaan jaringan dirancang harus mampu memberikan *throughput* minimal untuk setiap layanan agar layanan yang disediakan mampu terakses oleh *user*. Perhitungan *throughput/session* diperoleh dari persamaan berikut :

$$\frac{\text{Throughput}}{\text{session}} = \text{Session time} \times \text{Session duty ratio} \times \text{Bearer rate} \times \left[\frac{1}{(1-BLER)} \right] \quad (2.4)$$

Keterangan:

- $\text{Throughput/session}$: *Throughput* minimal yang disediakan jaringan (Kbit)
- Bearer Rate : Data rate yang harus disediakan layanan (Kbps)

- Session Rate* : Rata-rata durasi setiap layanan(s)
Session Duty Ratio : Rasio data yang dikirimkan setiap sesi (s)
 BLER : *Block error rate* yang diizinkan per sesi.

Melakukan perhitungan pada persamaan *throughput* setiap *session* diatas maka didasari dengan parameter data *service model* yang memiliki hak dari vendor Huawei LTE yang digunakan dalam perhitungan ditampilkan pada tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.3 Parameter *Service Model*

<i>Traffic Model</i>	<i>Uplink</i>				<i>Downlink</i>			
	<i>Bearer rate (Kbps)</i>	<i>PPP Session Time (s)</i>	<i>PPP Session Duty Ratio</i>	<i>BL ER</i>	<i>Bearer rate (Kbps)</i>	<i>PPP Session Time (s)</i>	<i>PPP Session Duty Ratio</i>	<i>BL ER</i>
VoIP	26,9	80	0,4	1%	26,9	80	0,4	1%
Video Phone	62,53	70	1	1%	62,53	70	1	1%
Video Conf.	62,53	1800	1	1%	62,53	1800	1	1%
Real Time Gaming	31,26	1800	0,2	1%	125,06	1800	0,4	1%
Streaming Media	31,26	3600	0,05	1%	250,11	3600	0,95	1%
IMS Signaling	15,63	7	0,2	1%	15,63	7	0,2	1%
Web Browsing	62,53	1800	0,05	1%	250,11	1800	0,05	1%
File Transfer	140,69	600	1	1%	750,34	600	1	1%
Email	140,69	50	1	1%	750,34	15	1	1%
P2P File Sharing	250,11	1200	1	1%	750,34	1200	1	1%

Sumber: (Huawei, 2013)

2.6.3 *Single User Throughput* dan *Network Throughput*

Berdasarkan perhitungan persamaan *single user throughput* pada parameter *traffic model* dengan meliha dari morfologi pada setiap tipe daerah, *traffic model* yang digunakan ini merupakan hak milik dari perusahaan vendor Huawei seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Parameter *Traffic Model* Berdasarkan Morfologi

<i>User Behavior</i>	Dense Urban		Urban	
	<i>Traffic Penetration Ratio</i>	BHSA	<i>Traffic Penetration Ratio</i>	BHSA
VoIP	100%	1,4	100%	1,3
Video Phone	20%	0,2	20%	0,16
Video Conference	20%	0,2	15%	0,15
Real Time Gaming	30%	0,2	20%	0,2
Streaming Media	15%	0,2	15%	0,15
IMS Signaling	40%	5	30%	4
Web Browsing	100%	0,6	100%	0,4
File Transfer	20%	0,3	20%	0,2
Email	10%	0,4	10%	0,3
P2P File Sharing	20%	0,2	20%	0,3

(Sumber: Huawei, 2013)

Parameter lainnya yang dibutuhkan untuk melakukan perencanaan kapasitas jaringan adalah parameter *peak average to ratio*. Parameter ini merupakan asumsi persentase kelebihan beban *traffic* pada jaringan komunikasi. Nilai *peak average to ratio* berbeda tergantung tipe daerah atau morfologi daerahnya. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2.5 *Peak Average to Ratio* Berdasarkan Morfologi

Morfologi	Dense Urban	Urban	Sub Urban
<i>Peak to Average Ratio</i>	40%	20%	10%

(Sumber: Huawei, 2013)

Setelah diketahui nilai dari parameter *traffic model* dan *peak average to ratio* berdasarkan data dari vendor Huawei, tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan *single user throughput*. Setiap *user* memiliki kebiasaan yang beragam dalam menggunakan layanan LTE. *Throughput* tiap *user* pada kondisi jam sibuk dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$SUT = \frac{(\sum Throughput \times BHSA \times Penetration\ rate \times (1 + PAR))}{3600} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- SUT : *Single User Throuhhput* (kbps)
- BHSA : Inisiasi penggunaan layanan selama jam sibuk
- Penetration rate* : Penetrasi penggunaan layanan pada daerah tinjauan
- PAR(*Peak to Average Ratio*) : Estimasi lonjakan trafik.

Setelah melakukan penghitungan *single user throughput* dilakukan untuk mengetahui penggunaan layanan LTE pada kondisi jam sibuk berdasarkan parameter trafik model pada tabel 2.4 dan tabel 2.5 nilai *peak average ratio*. Untuk menghitung *single user throughput* pada jam sibuk diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$SUT \text{ busy hour} = \sum \frac{\text{total Single User Throughput tiap trafik}}{3600} \dots\dots\dots(2.6)$$

Kemudian untuk menentukan kebutuhan *throughput* keseluruhan pada daerah yang ditinjau (*network throughput*) dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$Network \ Throughput_{ul/DL} = Total \ Target \ User \times SUT \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

Total target *user* : Jumlah pelanggan berdasarkan hasil estimasi jumlah pelanggan

SUT : Jumlah *throughput* tiap *user* arah *uplink* dan *downlink* (Kbps)

2.6.4 Kapasitas Sel

Perhitungan nilai *throughput per cell* dilakukan untuk mengetahui kapasitas *uplink* dan *downlink* pada satu sel pada teknik *carrier aggregation*. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menghitung *throughput per cell* adalah menghitung *uplink* serta *downlink MAC layer throughput*, setelah itu menghitung *cell average throughput* dari teknik *carrier aggregation* yang didasarkan pada *average SINR distribution*. Setelah itu didapatkanlah nilai *throughput per cell*. Untuk menghitung *uplink* dan *downlink MAC layer throughput* dengan menggunakan pendekatan berikut :

$$UL \ MAC \ through + CRC = (168 - 24) \times Cb \times Cr \times Nrb \times C \times 1000 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$DL \ MAC \ through + CRC = (168 - 36 - 12) \times Cb \times Cr \times Nrb \times C \times 1000 \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

CRC (*Cyclic Redudancy Check*) = 24

- Cb(*Code Bits*) : Efisiensi modulasi
- Cr(*Code Rate*) : *Channel coding rate*
- Nrb : Jumlah *resource block* yang digunakan
- C : Mode antena MIMO.

Dalam menentukan *resource block* tergantung dengan besar *bandwidth* yang digunakan pada jaringan LTE-Advanced. Berikut adalah tabel yang menunjukkan *bandwidth* yang digunakan terhadap nilai *resource block*.

Tabel 2.6 Hubungan RB Number dengan Bandwidth

Channel Bandwidth (MHz)	1.4	3	5	10	15	20
RB Number	6	15	25	50	75	100

(Sumber: Huawei, 2013)

2.6.5 Cell Dimensioning

Jumlah sel yang dibutuhkan untuk dapat menangani trafik baik *uplink* maupun *downlink* berdasarkan perhitungan *capacity planning* dapat diperoleh dengan persamaan :

$$Jumlah\ sel_{UL/DL} = \frac{Network\ Throughput}{Throughput\ per\ cell} \dots\dots\dots (2.10)$$

Selanjutnya untuk mencari jumlah *site* yang dibutuhkan untuk perencanaan *planning by capacity* ini dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini:

$$Jumlah\ site_{UL/DL} = \frac{Jumlah\ cell}{3} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.7 Perencanaan Cakupan

Perencanaan jaringan teknologi komunikasi seluler mempertimbangkan *gain* dan *loss* dari spesifikasi perangkat. Model propagasi yang digunakan juga akan mempengaruhi hasil radius sel. Dalam perencanaan cakupan, yang pertama dilakukan adalah menghitung *link budget* yaitu untuk mengetahui nilai *Maximal Allowed Path Loss* (MAPL) antara *transmitter* dan *receiver*.

2.7.1 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* digunakan untuk memperkirakan maksimum redaman yang diperbolehkan antara perangkat UE terhadap eNode B. *Path loss* maksimum yang dikehendaki memungkinkan kita melakukan perhitungan radius sel suatu eNode B untuk suatu lingkup radio tertentu dengan model propagasi tertentu. Perhitungan radio *link budget* membutuhkan parameter baik daya pancar, *gain antenna*, *signal-to-noise ratio*, dan lain-lain. Tujuan *link budget* adalah untuk mengidentifikasi maksimum *pathloss* atau MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) yang diijinkan antara pemancar dan penerima. Sehingga radius *cell* dapat dihitung sesuai dengan kondisi morfologinya (dense urban, urban, suburban, dan rural) berdasarkan model propagasinya. Pengukuran minimum SINR pada *uplink* (UL) dan *downlink* (DL) diterima dengan maksimum *pathloss* dan maksimum *transmit power*. Perhitungan *link budget* tergantung pada banyak faktor seperti *loss* penetrasi gedung, *loss feeder*, *gain* antena, dan interferensi radio, hal tersebut dihitung karena berakibat pada *cell coverage*. Radius *cell* pada enode B dapat diperoleh sesuai dengan MAPL dari model propagasinya. Radius *cell* dapat digunakan untuk menghitung total jumlah *site* yang diperlukan untuk menyediakan *coverage* yang sesuai dengan tujuan cakupannya (Lingga Wardhana. Dkk,2014).

a. *Maximum Allowable Path Loss (MAPL) Uplink*

Untuk arah *uplink* *Power Receiver* digambarkan sebagai *Receiver Sensitivity* (RS) dari *User Equipment* (UE) arah *uplink*.

$$RSeNodeB = SINR + TNeNodeB + NfeNodeB.....(2.12)$$

Keterangan:

RSeNodeB : *Receiver Sensitivity* (dBm)

NFeNodeB : *Noise Figure eNodeB* (dB)

TNeNodeB : *Thermal Noise per sub-carrier* (dBm)

SINR : *Required Signal Interference Noise Ratio* (dB)

Sehingga akan didapatkan persamaan *Minimum Signal Reception Strength* (MSRS) *uplink* adalah sebagai berikut:

$$MSRS = RSeNodeB - GR + Lcable + IM(2.13)$$

Keterangan:

MSRS : *Minimum Signal Reception Strenght* (dBm)

RSeNodeB : *Receiver Sensitivity* (dBm)

Lcable : *Loss Cable Receiver* (dB)

IM : *Interference Margin* (dB)

GR : *Gain Antena Receiver* (dB)

Kemudian didapat persamaan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk arah *uplink* adalah:

$$\text{MAPL}_{\text{uplink}} = \text{EIRP}_{\text{subcarrier}} - \text{MSRS} - \text{PL} - \text{SF} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

MAPLuplink : *Maximum Allowable Path Loss uplink* (dB)

EIRPsubcarrier : *Equivalent Isotropic Radiated Power Subcarrier* (dBm)

MSRS : *Minimum Signal Reception Strenght* (dBm)

PL : *Penetration Loss* (dB)

SF : *Shadow Fading margin* (dB)

b. Maximum Allowable Path Loss (MAPL) Downlink

Untuk arah *Downlink*, persamaan *Equivalent Isotropic Radiated Power* (EIRP) *subcarrier* adalah

$$\text{EIRP}_{\text{subcarrier}} = \text{P}_{\text{subcarrier}} + \text{GT} - \text{L}_{\text{cable}} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

Psubcarrier : *Subcarrier power transmisi* (dBm)

GT : *gain antena transmitter* (dBi)

Lcable : *loss cable transmitter* (dB)

Sedangkan untuk persamaan *Receiver Sensitivity* (SR) arah *downlink* adalah sebagai berikut :

$$\text{RSue} = \text{TN} + \text{NFue} + \text{SINR} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

Rsue : *Receiver sensitivity* (dBm)

TN : *Thermal Noise per subcarrier* (dBm)

Nfue : *Noise Figure UE* (dB)

SINR : *Required Signal Interference Noise Ratio* (dB)

Sehingga akan didapatkan persamaan *Minimum Signal Reception Strenght* (MSRS) *downlink* adalah sebagai berikut :

$$\text{MSRS} = \text{RSue} + \text{LRbody} + \text{IM} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan:

MSRS : *Minimum Signal Reception Strenght* (dBm)

RSue : *Receiver Sensitivity UE* (dBm)

LRbody : *Loss body Receiver* (dB)

IM : *Interference Margin* (dB)

Kemudian didapat persamaan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk arah *downlink* adalah :

$$\text{MAPLdownink} = \text{EIRPsubcarrier} - \text{MSRS} - \text{PL} - \text{SF} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

MAPLdownlink : *Maximum Allowable Path Loss downlink* (dB)

EIRPsubcarrier : *Equivalent Isotropic Radiated Power Subcarrier* (dBm)

MSRS : *Minimum Signal Reception Strenght* (dBm)

PL : *Penetration Loss* (dB)

SF : *Shadow Fading margin* (dB)

2.7.2 Perhitungan Model Propagasi Cost 231 Hatta

Perencanaan dengan frekuensi 1800 MHz untuk LTE menggunakan model propagasi Cost 231 Hatta yang bekerja pada frekuensi 1500-2000 MHz. Model Cost 231 Hatta digunakan untuk mengetahui radius sel pada wilayah urban.

$$\text{PL} = 46,3 + 33,9(\log f_c) - 13,82 \log h_T - a(h_R) + (44,9 - 6,55 \log h_T) \log d - C_M \dots (2.19)$$

Keterangan:

f : frekuensi transmisi

h_R : tinggi antena *receiver*

d : jarak (km)

h_T : tinggi antena *transmitter*

a : faktor koreksi tinggi antena

CM : urban = 0 dB

2.7.3 Cell Dimensioning

Setelah diketahui nilai radius cell maka dilanjutkan untuk melakukan penghitungan luas sel dengan persamaan berikut ini:

$$\text{Luas sel} = 1.95 \times 2.6 \times D^2 \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

Luas sel : Coverage area

D : Radius sel

Selanjutnya untuk mencari jumlah *site* yang dibutuhkan untuk perencanaan *planning by coverage* ini dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini:

$$\text{Jumlah site}_{UL/DL} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{Coverage area}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

Luas Area : Luas daerah perencanaan

Coverage area : Luas cakupan

2.8 Software radio Planning Atoll

Atoll merupakan sebuah *software radio planning* yang menyediakan satu set alat dan fitur yang komprehensif dan terpadu yang memungkinkan *user* untuk membuat suatu proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu aplikasi. Beberapa prediksi *study* dari cakupan area dapat dikonfigurasi sesuai kehendak perancang. *Study* yang disuguhkan diantaranya:

1. *Coverage by signal level* : Menghitung area yang tertutupi oleh level sinyal dari tiap sel.
2. *Coverage by C/(I+N) level (DL)* : Menghitung area yang tertutupi oleh SINR *downlink*. SINR adalah perbandingan antara kuat sinyal dengan kuat interferensi ditambah *noise* yang dipancarkan oleh *cell*.
3. *Coverage by C/(I+N) level (UL)* : Menghitung area yang tertutupi oleh SINR

uplink.

4. *Coverage by throughput (DL) : Menghitung area yang tertutupi oleh throughput downlink.*
5. *Coverage by throughput (UL) : Menghitung area yang tertutupi oleh throughput uplink. (Lingga Wardhana. Dkk,2014)*

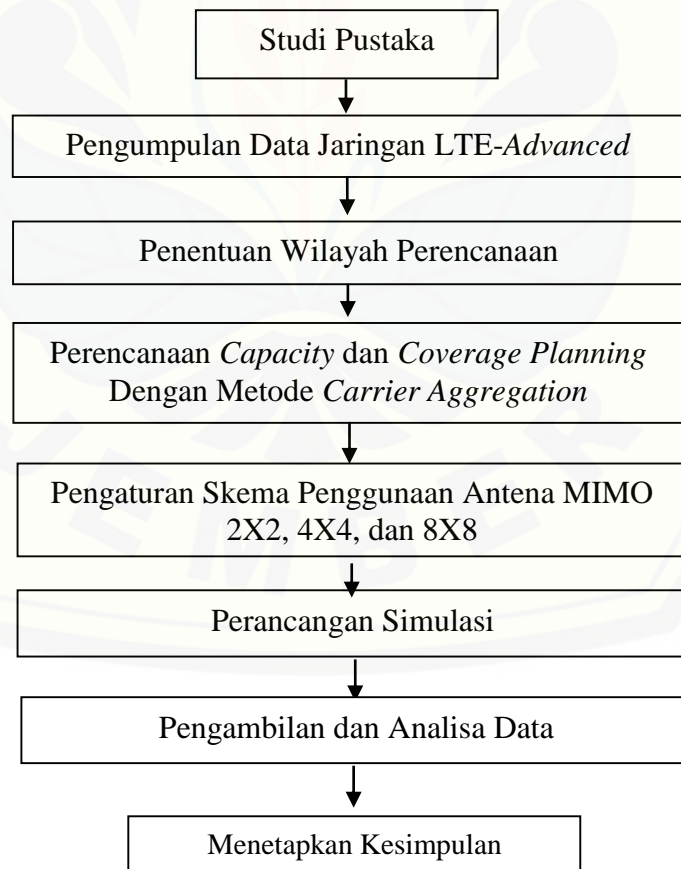


BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini dijelaskan beberapa subbab pokok yaitu tahap penelitian, tempat penelitian, metode penelitian dalam pengambilan data, perancangan sistem dalam penelitian mulai dari tahap awal perencanaan penelitian dilakukan, dan dijelaskan beberapa *plotting site*/skema dalam pengambilan data untuk dapat disimulasikan, dianalisa dan menghasilkan kesimpulan.

3.1 Tahap Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini dimulai dengan beberapa tahapan penelitian, untuk dapat memperoleh informasi harus melalui beberapa tahapan. Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini disajikan pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini yang pertama yaitu melaksanakan studi pustaka atau literatur dengan dilakukan pencarian informasi baik dari buku, jurnal, maupun internet yang berkaitan dengan penelitian ini, seperti pustaka tentang konsep dan pengertian LTE dan LTE-Advanced, serta literatur tentang metode yang mendukung LTE-Advanced dan perencanaan jaringan LTE-Advanced dari segi kapasitas dan cakupan serta metode manajemen interferensi. Tahapan berikutnya yaitu menentukan lokasi yang akan dilakukan perencanaan yaitu di daerah urban. Dengan penentuan daerah dengan morfologinya pada tiap kecamatan seperti area urban, suburban, dll. Dalam melaksanakan penentuan daerah tersebut dari hasil dengan pengumpulan data berupa luas wilayah dan jumlah penduduk untuk memprediksi area yang akan dirancang LTE-Advanced. Tahapan selanjutnya yaitu melakukan perencanaan sistem dengan menggunakan *software* Atoll pada jaringan LTE-Advanced dari segi kapasitas dan cakupan yang dilakukan dengan analisis perhitungan untuk mendapatkan perencanaan jumlah *site* yang dibutuhkan dengan metode *carrier aggregation*. Tahapan berikutnya melakukan proses pengaturan skema penggunaan antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4, dan 8X8 untuk diketahui pengaruhnya. Tahapan berikutnya yaitu perancangan simulasi untuk merencanakan jaringan LTE-Advanced. Adapun perancangan simulasi pada penelitian ini menggunakan *software* Atoll dan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perancangan berdasarkan kapasitas dan cakupan dengan metode *carrier aggregation*. Tahap selanjutnya analisa data dan pembahasan terkait perencanaan jaringan LTE-Advanced berdasarkan kapasitas dan cakupan metode *carrier aggregation* dan penggunaan antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4 dan 8X8 dari simulasi dan hasil perhitungan. Tahapan akhir dalam penelitian yaitu memperoleh kesimpulan berdasarkan hasil simulasi dengan *software* Atoll yang telah dilakukan.

3.2 Tempat Penelitian

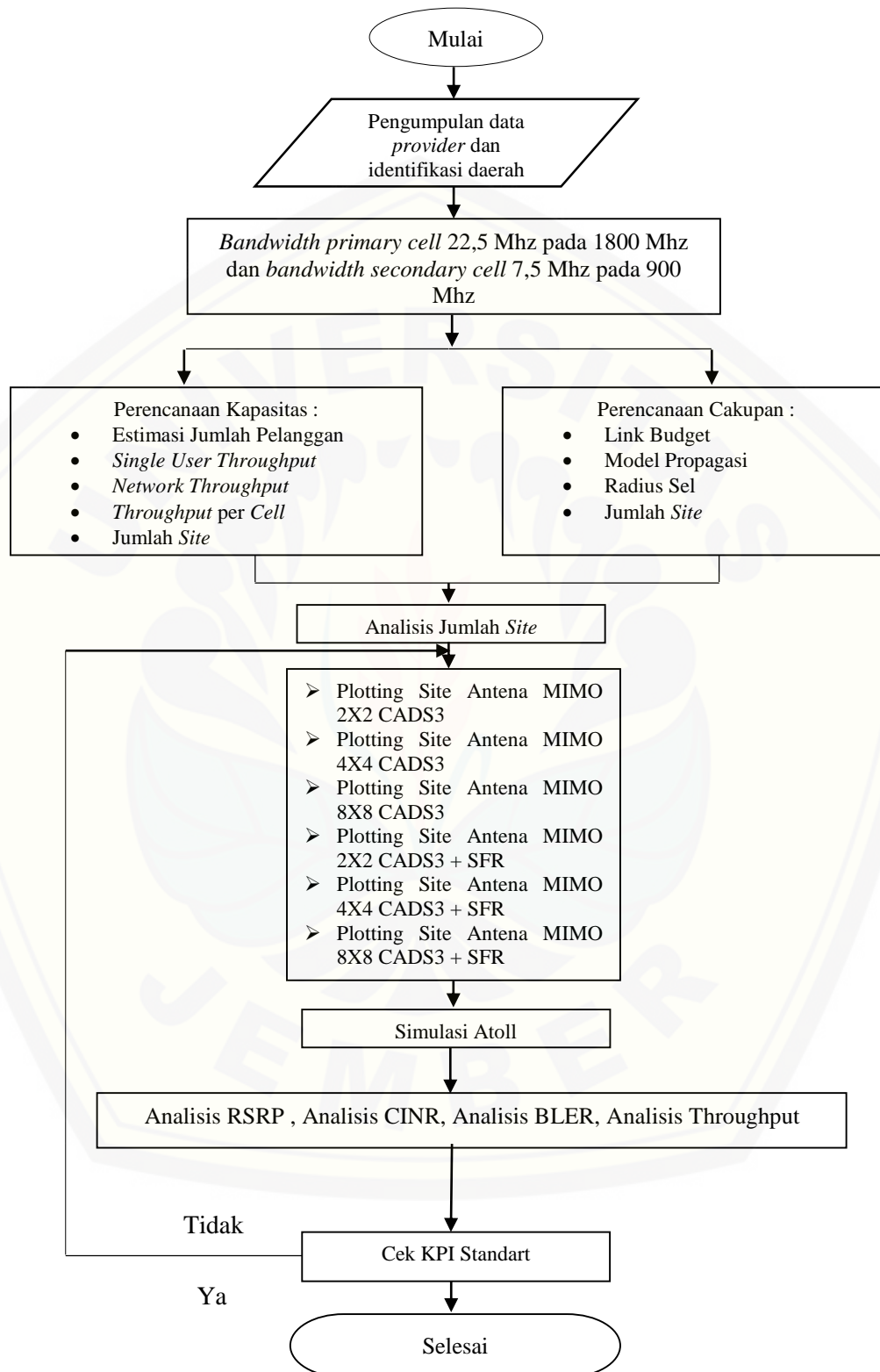
Penelitian tugas akhir ini tentang “Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Carrier Agregasi Di Daerah Urban” ini akan dilakukan di daerah urban.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian “Analisis Perencanaan Jaringan Lte-Advanced Carrier Aggregation Di Daerah Urban” dilakukan melalui studi pustaka yang mendukung penelitian, seperti pengertian dan konsep *Long Term Evolution - Advanced*, Arsitektur teknologi jaringan LTE, spesifikasi dan standart LTE-Advanced, serta konsep perencanaan dengan kapasitas dan cakupan. Dilakukan perencanaan dengan metode *carrier aggregation* untuk dapat pemeratakan seluruh area dengan optimal dan menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk menekan biaya dalam membangun jaringan. Metode selanjutnya dilakukan simulasi proses pengaturan skema penggunaan Antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4, dan 8X8 dan pengaruh dari *Soft Frequency Reuse* (SFR) selanjutnya diambil kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan.

Dalam melakukan penelitian tersebut juga memprhatikan beberapa parameter yang akan digunakan untuk menganalisis data simulasi maupun perhitungan adapun beberapa parameter yang di gunakan yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Carrier Interference to Noise Ratio* (CINR), *Block Error Rate* (BLER) dan *Throughput*.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Berdasarkan *flowchart* diatas untuk melakukan perencanaan dimulai langkah pertama pada penelitian yaitu mengumpulkan data kependudukan daerah urban yang akan dilakukan perencanaan. Serta data *provider* yang digunakan untuk perhitungan radio *link budget*. Berikut ini adalah tabel parameter yang didapatkan pada salah satu operator seluler di Indonesia.

Tabel 3.1 Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk Berdasarkan Daerah Urban

No	Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah penduduk (jiwa)
1.	Sukun	20,97	195.659
2.	Klojen	8,83	102.018
3.	Blimbing	17,77	180.805
Jumlah		47,57	478.482

(Sumber: BPS, 2019)

Tabel 3.2 Parameter *Link Budget* Arah Uplink

Parameter	Symbol
Tx (User Equipment)	
Tx Power	A
Subcarrier to distribute power	B
Subcarrier power	$C=A-10*\log(B)$
Tx Body Loss	D
EIRP per Subcarrier	$E=C-D$
Rx (eNode B)	
Thermal Noise per Subcarrier	F
SINR	G
Rx Noise Figure	H
Receiver Sensitivity	$I=F+G+H$
Rx Antenna Gain	J
Rx Cable Loss	K
Interference Margin	L
Minimum Signal Reception Strenght	$M=I-J+K+L$
Path Loss dan Shadow Margin	
Penetration Loss	N
Shadow Fading Margin	O
Path Loss	$P=E-M-N-O$

(Sumber: Data Provider, 2018)

Tabel 3.3 Parameter *Link Budget* Arah Downlink

Parameter	Symbol
Tx (eNode B)	
Tx Power	A
Subcarrier to distribute power	B
Subcarrier power	$C=A-10*\log(B)$
Tx Antenna Gain	D
Tx Cable Loss	E
EIRP per Subcarrier	$F=C+D-E$

Rx (User Equipment)	
<i>Thermal Noise per Subcarrier</i>	G
<i>SINR</i>	H
<i>Rx Noise Figure</i>	I
<i>Receiver Sensitivity</i>	J=G+H+I
<i>Rx Body Loss</i>	K
<i>Interference Margin</i>	L
<i>Minimum Signal Reception Strenght</i>	M=J+K+L
Path Loss dan Shadow Margin	
<i>Penetration Loss</i>	N
<i>Shadow Fading Margin</i>	O
<i>Path Loss</i>	P=F-M-N-O

(Sumber: Data Provider, 2018)

Setelah mendapatkan data *provider* dengan melakukan perhitungan cakupan dan kapasitas dengan metode *carrier aggregation* dan penambahan antenna MIMO untuk menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan. Perencanaan jaringan LTE-Advanced dilakukan pada *bandwidth primary cell* 22,5 MHz pada frekuensi 1800 MHz mode FDD dan *bandwidth secondary* 7,5 MHz pada frekuensi 900 MHz mode FDD. Perhitungan kapasitas meliputi estimasi jumlah pelanggan, *single user throughput* dan *network throughput* serta kapasitas *cell*. Selanjutnya pada perhitungan cakupan meliputi perhitungan *link budget* untuk mengetahui nilai *pathloss* dari sisi *uplink* maupun *downlink*, setelah memperoleh nilai *pathloss* dilakukan perhitungan nilai radius sel dari model propagasi. Penelitian ini menggunakan model propagasi Cost 231 Hatta. Nilai radius sel digunakan untuk perhitungan luas cakupan sel dan diperoleh jumlah *site*. Jumlah *site* dalam perencanaan menjadi acuan perancangan jaringan LTE-Advanced dan digunakan jumlah *site* maksimum. Kemudian dilakukan *plotting site* yaitu skema antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2 CADS3, skema antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 4X4 CADS3, skema antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 8X8 CADS3, skema antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR), MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 4X4 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR), MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 8X8 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR). Setelah melakukan proses simulasi analisis dari beberapa parameter yaitu RSRP, CINR, BLER dan *Throughput*. Dari parameter tersebut akan memunculkan nilai-nilainya sesuai

dengan standart KPI (*Key Performance Indicator*) vendor Huawei dalam bentuk histogram. Apabila hasil sudah sesuai dengan standart KPI vendor Huawei maka penelitian dianggap sudah memenuhi standar yang ada, dengan melihat standar yang di tetapkan karena peralatan yang di gunakan adalah milik dari vendor Huawei

3.5 Skenario *Plotting Site*

Plotting site yang akan dilakukan dibagi menjadi empat yaitu skema antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2 CADS3, skema antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 4X4 CADS3, skema antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 8X8 CADS3, skema antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR), skema antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 4X4 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) dan skema antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 8X8 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR). *Plotting site* ini dilakukan untuk pengaturan pada masing-masing skema pada metode *carrier aggregation* dan proses pengaturan skema penggunaan antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2X2, 4X4, dan 8X8. Berikut ini pengaturan *Carrier Aggregation Deployment Scenario 3* (CADS3) dan *Soft frequency reuse* (SFR)

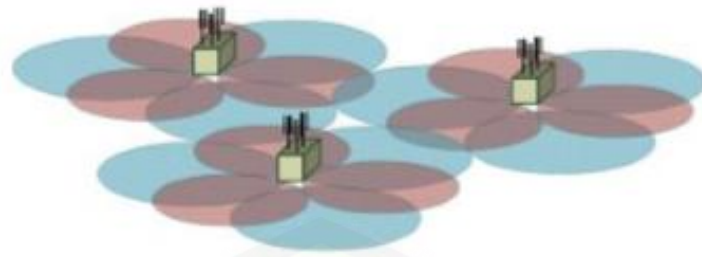
3.5.1 *Carrier Aggregation Deployment Scenario 3* (CADS3)

Pada simulasi *carrier aggregation deployment scenario 3*, terdapat dua buah *band* frekuensi yaitu *primary cell* dan *secondary cell*. Frekuensi 1800 MHz mode FDD digunakan sebagai *primary cell* karena memiliki jangkauan *coverage* yang lebih besar dan frekuensi 900 MHz mode FDD sebagai *secondary cell*. Namun pada *carrier aggregation deployment scenario 3* terdapat nilai *azimuth* pada setiap antena *primary cell* dan *secondary cell* yang berbeda. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4 Pengaturan *Azimuth Antenna primary cell* dan *secondary cell*

<i>Primary Cell</i> Frekuensi 1800 MHz	<i>Secondary Cell</i> Frekuensi 900 MHz
0°	60°
120°	180°
240°	300°

(Sumber: Ayu Tika Permatasari, Dkk. 2016)



Gambar 3.2 *Carrier Aggregation Deployment Scenario 3*

(Sumber: João de Quintanilha, 2013)

Plotting site untuk skema *carrier aggregation deployment scenario 3* (CADS3) menggunakan jumlah *site* berdasarkan perhitungan *planning by capacity* dengan kapasitas sel yang sudah diagregasi antara *primary cell* dan *secondary cell*.

3.5.2 *Soft Frequency Reuse (SFR)*

Soft frequency reuse (SFR) adalah skema tambahan untuk *carrier aggregation deployment scenario 3* yang kedua. Skema ini pada setiap sel juga dibagi menjadi dua daerah diantaranya *cell centre* dan *cell edge*. Untuk skenario ini diatur nilai *cell centre* sebesar 15 MHz dan nilai *cell edge* sebesar 7,5 MHz pada frekuensi *primary cell* 1800 MHz. Sedangkan pada frekuensi *secondary cell* 900 MHz diatur nilai *cell centre* sebesar 5 MHz dan *cell edge* sebesar 2,5 MHz. (Sumber: Usman,U.K, dkk, 2011)



Gambar 3.3 *Soft Frequency Reuse*

Plotting site pada skema ini menggunakan jumlah *site* dari hasil perhitungan *planning by coverage* dan *planning by capacity* dengan mengambil jumlah *site* maksimum.

3.5.3 Hasil Simulasi

Perbandingan pada berikut ini didapatkan dari hasil simulasi yang akan di tampilkan dalam aplikasi atoll, dengan berdasarkan parameter Jumlah *site*, *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Block Error Rate* (BLER), *Carrier Interference to Noise Ratio* (CINR), dan *Throughput*. Dalam melakukan performansi jaringan seluler terutama pada LTE maka dilihat nilai pada *Key Perfomance Indicator* (KPI). Nilai pada KPI menggunakan standar dari vendor Huawei.

Tabel 3.5 Hasil Simulasi

Parameter	Antena MIMO 2X2 CADS3	Antena MIMO 4X4 CADS3	Antena MIMO 8X8 CADS3	Antena MIMO 2X2 CADS3 + SFR	Antena MIMO 4X4 CADS3 + SFR	Antena MIMO 8X8 CADS3 + SFR
RSRP (dBm)						
CINR (dB)						
BLER (%)						
<i>Throughput</i> (Mbps)						

Parameter jumlah *site* digunakan perencanaan kapasitas dan cakupan untuk menghasilkan jumlah *site* yang akan di butuhkan pada daerah urban. jumlah *site* ini berbeda hasil pada setiap plotting *site* yang akan digunakan. Dengan mengetahui jumlah *site* yang di gunakan dapat mengoptimalkan jumlah *site* yang di perlukan.

Parameter *Reference Signal Received Power* (RSRP) pengukuran dari RSRP untuk mengukur kuat sinyal pada *cell* LTE, dengan berikut RSRP merupakan hasil rata – rata pada *power resource element* yang membawa referensi signal pada pengukuran bandwidth.

Parameter *Block Error Rate* (BLER) merupakan rasio perbandingan antara *total error block* dengan *total block* dari sebuah transmisi data digital. BLER digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari demodulasi sinyal (Sumber: Rivan Achmad, dkk, 2018)

Parameter (CINR) merupakan nilai perbandingan antara *carrier* yang dijumlahkan dengan *interference* dibandingkan dengan besarnya *noise*. Semakin

besar nilai CINR, jaringan tersebut semakin bagus. Buruknya nilai CINR akan memengaruhi kualitas layanan yang diberikan, bahkan buruknya nilai CINR akan menyebabkan pengguna tidak mendapatkan layanan yang diinginkan.

Parameter *Throughput* digunakan untuk menunjukkan *user throughput* yaitu *throughput* yang bisa didapatkan oleh setiap *user* pada daerah tinjauan. *User throughput* yang di maksud adalah *application throughput* yang merupakan *throughput* akhir yang dapat dirasakan oleh *user*. Dengan mengetahui nilai *throughput* tersebut maka dapat melihat hasil yang terbaik dari setiap *plotting site* yang akan di gunakan (Sumber :Ayu Tika P, dkk, 2016)

Penelitian ini menggunakan *carrier aggregation deployment scenario 3* (CADS3) dan *Soft Frequency Reuse* (SFR) karena merupakan skenario terbaik yang sudah memenuhi standar dan dibandingkan skenario lain berdasarkan penelitian sebelumnya.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Perencanaan LTE-Advanced di wilayah urban dengan metode *carrier aggregation* menyediakan kapasitas sel arah *downlink* dengan skema antena MIMO 2X2 CADS3 sebesar 107,99 Mbps, skema antena MIMO 4X4 CADS3 sebesar 215,99 Mbps, skema antena MIMO 8X8 CADS3 sebesar 431,99 Mbps, skema antena MIMO 2X2 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) sebesar 144,71 Mbps, skema antena MIMO 4X4 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) sebesar 289,43 Mbps dan untuk skema antena MIMO 8X8 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR) sebesar 578,87. Dan untuk memaksimalkan cakupan menghasilkan radius sel arah *downlink* sejauh 10,65 Km².
2. Pengaruh dari penggunaan antena MIMO pada perancangan jaringan LTE-advanced berpengaruh terhadap hasil peningkatan nilai *Throughput* pada skema Antena MIMO 2X2 CADS3 sebesar 33,08 Mbps yang di karenakan peningkatan *downlink* etidkanya menjadi 2,40 bps/Hz/sel, jika dibandingkan pada LTE non CA dan antena MIMO maupun pada skema lainnya. Hal ini juga dikarenakan semakin optimal dalam penggunaan spektrum frekuensi dan menurunnya interferensi maka kualitas layanan akan meningkat. Dengan *bandwidth* yang lebih lebar hingga mencapai 100 MHz.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan beberapa hal agar penelitian ini dapat dikembangkan dan lebih bermanfaat. Adapun beberapa saran dari penulis adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode *carrier aggregation* dengan *bandwidth* dan pita frekuensi yang berbeda dan dibandingkan dengan teknologi WiMAX.

2. Melakukan penelitian menggunakan *software* terbaru yang mampu mengkombinasikan *component carrier* lebih dari dua atau menggunakan *software* yang berbeda seperti Genex Unet.



DAFTAR PUSTAKA

- E. T. Tchao, J. D. Gadze. dkk 2018. Performance Evaluation of a Deployed 4G LTE Network. Ghana: Department of Electrical Engineering, Kwame Nkrumah University of Science and tech.
- Nidya Suroyya, Hudiono, Aisah. 2019. Analisa Performansi Jaringan 4G Di Wilayah Malang. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Reinikainen, Antti., dkk, 2015. *Performance Evaluation of LTE-Advanced Carrier Aggregation*. Espoo: Aalto University school of electrical engineering.
- Quintanilha, João de, dkk, 2013. *Impact of MIMO and Carrier Aggregation in LTE-Advanced*. Lisbon: Tecnico Lisboa Electrical and Computer Engineering..
- Bobby Juan Pradana., Achmad Setiaji. 2017. Perencanaan Pembangunan jaringan 4G LTE Di Bandung Pada Frekuensi 2100 MHz Menggunakan Software Atoll. Jakarta: Akademi Telkom Sandhy Putra Jakarta.
- Ayu Tika Permatasari., Hafidudin A.Md, S.T, M.T. 2016. Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Menggunakan Metode *Fractional Frequency Reuse* Dan Fitur *Carrier Aggregation* Di DKI Jakarta. Bandung: Universitas Telkom Bandung.
- Rivan Achmad Nugroho., Hurianti Vidyaningtyas. 2018. Perencanaan Jaringan Mikrosel 4G LTE Di *Skywalk* Cihampelas Bandung. Bandung: Universitas Telkom Bandung.
- Arifian, Ir.Achmad Ali Muayyadi M.Sc.,Ph.D., Ir. Uke Kurniawan Usman, M.T. 2016. Analisis Perencanaan Jaringan LTE-Advanced *Carrier Aggregation* Menggunakan Antena Mimo 2x2 Dan 4x4 Di Kota Bandung. Bandung: Universitas Telkom.
- Winata, Dharma., Ir. Uke Kurniawan Usman, & M.T, Linda Meylani, S.T., M.T. 2016. Analisis Perencanaan *LTE-Advanced* Dengan Metoda *Carrier Aggregation Inter-Band Non-Contiguous* Dan *Intra-Band Non- Contiguous* Di Kota Bandar Lampung. Bandung: Universitas Telkom.
- Usman, Uke Kurniawan., dkk. 2012. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Rekayasa Sains.

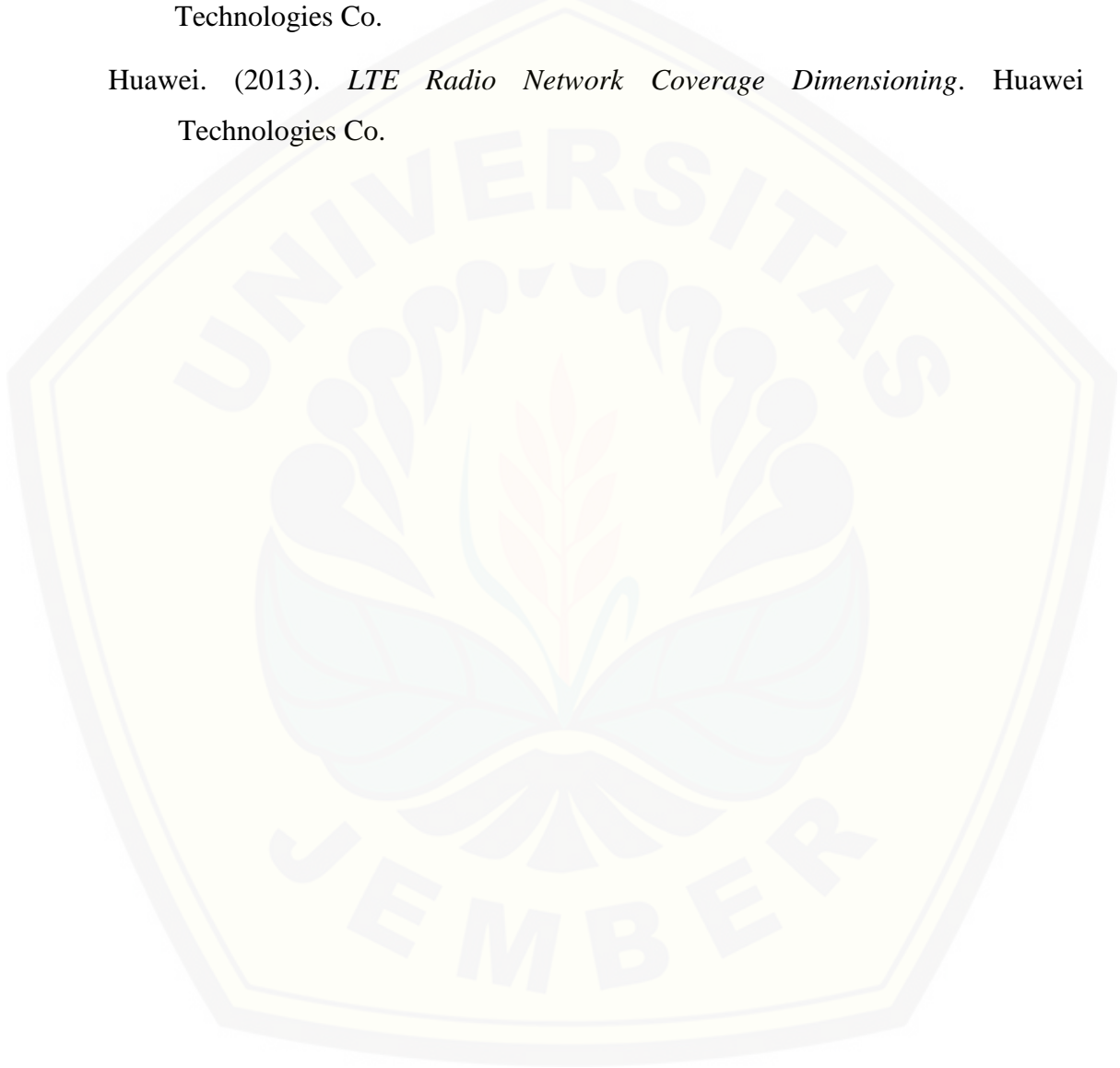
Wardhana, Lingga., dkk. 2014. *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. Jakarta

Selatan: www.nulisbuku.com.

Miller, Larry., dkk. 2016. *Carrier Aggregation Fundamentals For Dummies qorvo edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.*

Huawei. (2013). *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. Huawei Technologies Co.

Huawei. (2013). *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*. Huawei Technologies Co.



LAMPIRAN

1. Perhitungan *Throughput* per *session* pada masing-masing parameter

a. *Throughput* per *session* arah *uplink*

- $\text{Throughput VoIP} = \text{session time} \times \text{session ratio} \times \text{Bearer rate} \left[\frac{1}{(1-\text{BLER})} \right]$

$$= 26,9 \times 80 \times 0,4 \times \left[\frac{1}{(1-1\%)} \right]$$

$$= 869,4949 \text{ Kbit}$$

- $\text{Throughput video phone} = \text{session time} \times \text{session ratio} \times \text{Bearer rate} \left[\frac{1}{(1-\text{BLER})} \right]$

$$= 70 \times 1 \times 62,53 \left[\frac{1}{(1-1\%)} \right]$$

$$= 4421,3131 \text{ Kbit}$$

- $\text{Throughput video conf} = \text{session time} \times \text{session ratio} \times \text{Bearer rate} \left[\frac{1}{(1-\text{BLER})} \right]$

$$= 1800 \times 1 \times 62,53 \left[\frac{1}{(1-1\%)} \right]$$

$$= 113690,9091 \text{ Kbit}$$

- $\text{Throughput Real Time} = \text{session time} \times \text{session ratio} \times \text{Bearer rate} \left[\frac{1}{(1-\text{BLER})} \right]$

$$= 1800 \times 0,2 \times 31,26 \left[\frac{1}{(1-1\%)} \right]$$

$$= 11367,2727 \text{ Kbit}$$

- $\text{Throughput Streaming} = \text{session time} \times \text{session ratio} \times \text{Bearer rate} \left[\frac{1}{(1-\text{BLER})} \right]$

$$= 3600 \times 0,05 \times 31,26 \left[\frac{1}{(1-1\%)} \right]$$

$$= 5683,6364 \text{ Kbit}$$

- $\text{Throughput Signaling} = \text{session time} \times \text{session ratio} \times \text{Bearer rate} \left[\frac{1}{(1-\text{BLER})} \right]$

$$= 7 \times 0,2 \times 15,63 \left[\frac{1}{(1-1\%)} \right]$$

$$= 22,1030 \text{ Kbit}$$

- *Throughput Browsing* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 1800 \times 0,05 \times 62,53 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 5684,5455 \text{ Kbit}$

- *Throughput FTP* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 600 \times 1 \times 140,69 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 85266,6667 \text{ Kbit}$

- *Throughput Email* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 50 \times 1 \times 140,69 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 7105,5556 \text{ Kbit}$

- *Throughput P2PSharing* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 1200 \times 1 \times 250,11 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 303163,6364 \text{ Kbit}$

b. *Throughput per session arah downlink*

- *Throughput VoIP* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 26,9 \times 80 \times 0,4 \times \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 869,4949 \text{ Kbit}$

- *Throughput video phone* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 70 \times 1 \times 62,53 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 4421,3131 \text{ Kbit}$

- *Throughput video conf* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$
 $= 1800 \times 1 \times 62,53 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$
 $= 113690,9091 \text{ Kbit}$

- *Throughput Real Time* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 1800 \times 0,4 \times 125,06 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 90952,7273 \text{ Kbit}$$
- *Throughput Streaming* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 3600 \times 0,95 \times 250,11 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 864016,3636 \text{ Kbit}$$
- *Throughput Signaling* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 7 \times 0,2 \times 15,63 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 22,1030 \text{ Kbit}$$
- *Throughput Browsing* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 1800 \times 0,05 \times 250,11 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 22737,2727 \text{ Kbit}$$
- *Throughput FTP* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 600 \times 1 \times 750,34 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 454751,5152 \text{ Kbit}$$
- *Throughput Email* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 15 \times 1 \times 750,34 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 11368,7879 \text{ Kbit}$$
- *Throughput P2PSharing* = *session time x session ratio x Bearer rate* $\left[\frac{1}{(1-BLER)}\right]$

$$= 1200 \times 1 \times 750,34 \left[\frac{1}{(1-1\%)}\right]$$

$$= 909503,0303 \text{ Kbit}$$

2. Perhitungan *Single User Throughput* pada masing-masing parameter

a. *Single User Throughput* arah uplink

- SUT VoIP
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 869,4949 \times 1,3 \times 100\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 1356,41220 \text{ Kbit}$$

- SUT Video phone
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 4421,3131 \times 0,16 \times 20\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 169,7784 \text{ Kbit}$$

- SUT Video Conf
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 113690,9091 \times 0,15 \times 15\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 3069,6545 \text{ Kbit}$$

- SUT Real Time
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 11367,2727 \times 0,2 \times 20\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 545,6291 \text{ Kbit}$$

- SUT Streaming
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 5683,6364 \times 0,15 \times 15\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 153,4582 \text{ Kbit}$$

- SUT Signaling
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 22,1030 \times 4 \times 30\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 31,8284 \text{ Kbit}$$

- SUT Browsing
$$= \left(\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}) \right)$$

$$= 5684,6364 \times 4 \times 100\% \times (1 + 20\%)$$

$$= 2728,5818 \text{ Kbit}$$

- SUT FTP
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 85266,6667 \times 0,2 \times 20\% \times (1+20\%)$$

$$= 4092,8000 \text{ Kbit}$$

- SUT *Email*
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 7105,5556 \times 0,3 \times 10\% \times (1+20\%)$$

$$= 255,8000 \text{ Kbit}$$

- SUT P2P *Sharing*
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 303163,6364 \times 0,3 \times 20\% \times (1+20\%)$$

$$= 21827,7818 \text{ Kbit}$$

b. *Single User Throughput* arah downlink

- SUT VoIP
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 869,4949 \times 1,3 \times 100\% \times (1+20\%)$$

$$= 1356,41220 \text{ Kbit}$$

- SUT Video *phone*
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 4421,3131 \times 0,16 \times 20\% \times (1+20\%)$$

$$= 169,7784 \text{ Kbit}$$

- SUT Video *Conf*
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 113690,9091 \times 0,15 \times 15\% \times (1+20\%)$$

$$= 3069,6545 \text{ Kbit}$$

- SUT *Real Time*
$$= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1+\text{PAR}))$$

$$= 90952,7273 \times 0,2 \times 20\% \times (1+20\%)$$

$$= 4365,7309 \text{ Kbit}$$

- SUT *Streaming* $= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}))$

$= 864016.3636 \times 0.15 \times 15\% \times (1 + 20\%)$

$= 23328.4418 \text{ Kbit}$
- SUT *Signaling* $= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}))$

$= 22,1030 \times 4 \times 30\% \times (1 + 20\%)$

$= 31,8284 \text{ kbit}$
- SUT *Browsing* $= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}))$

$= 22737,2727 \times 0,4 \times 100\% \times (1 + 20\%)$

$= 10913,8909 \text{ Kbit}$
- SUT *FTP* $= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}))$

$= 454751,5152 \times 0,2 \times 20\% \times (1 + 20\%)$

$= 21828,0727 \text{ Kbit}$
- SUT *Email* $= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}))$

$= 11368,7879 \times 0,3 \times 10\% \times (1 + 20\%)$

$= 409,2764 \text{ Kbit}$
- SUT *P2P Sharing* $= (\sum \frac{\text{Throughput}}{\text{session}} \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{PAR}))$

$= 909503,0303 \times 0,3 \times 20\% \times (1 + 20\%)$

$= 65484,2182 \text{ Kbit}$

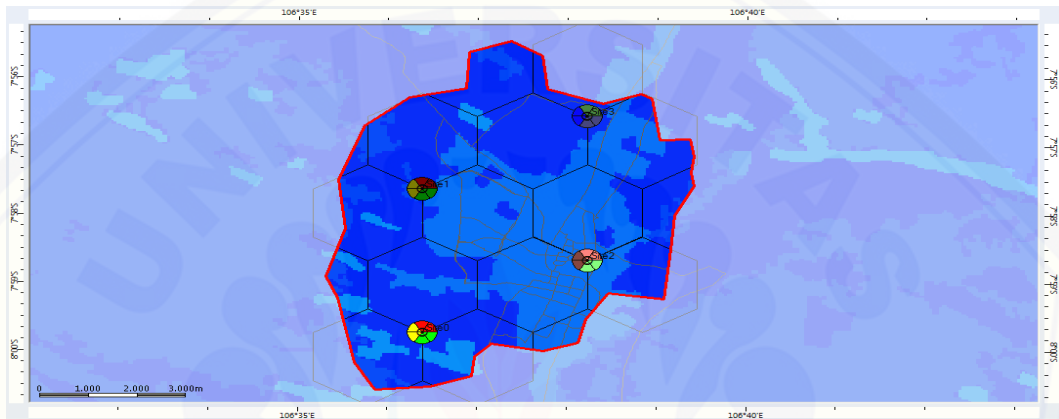
3. *Plotting site* dan Penampakan pada Peta Daerah Urban

a. *Plotting Site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3

Tabel 1. Lokasi *Site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3

Nama	Longitude	Latitude
Site0	106°36'23,78"E	7°59'44,46"S
Site1	106°36'23,29"E	7°57'37,51"S
Site2	106°38'13,8"E	7°58'40,55"S
Site3	106°38'13,3"E	7°56'33,6"S

b. Penampakan *Site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3



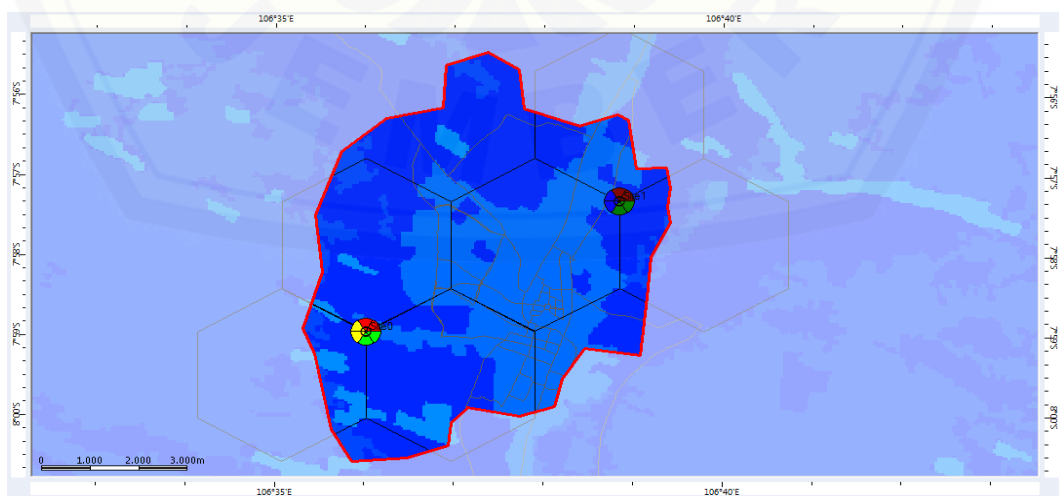
Gambar 1. Posisi *site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3

c. *Plotting Site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3

Tabel 2. Lokasi *Site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3

Nama	Longitude	Latitude
Site0	106°36'1,23"E	7°58'57,05"S
Site1	106°38'50,51"E	7°57'18,74"S

d. Penampakan *Site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3



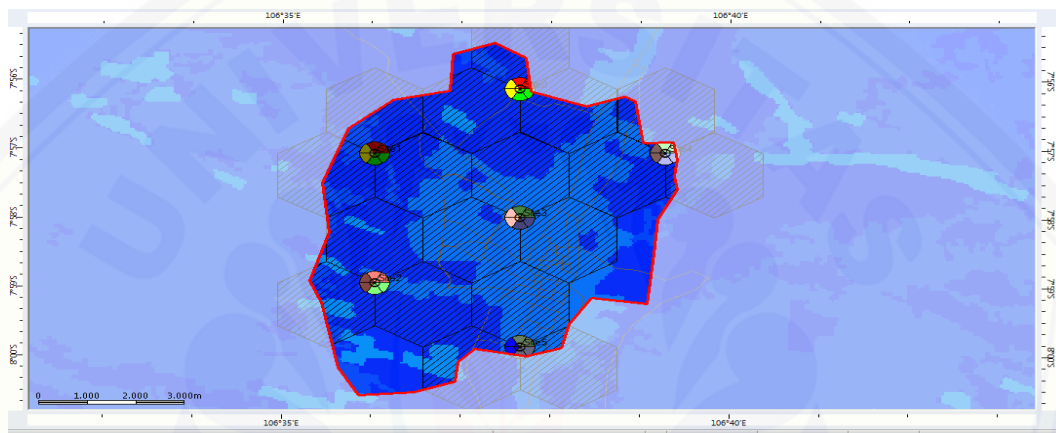
Gambar 2. Posisi *site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3

e. *Plotting Site* skema antenna MIMO 2X2 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR)

Tabel 3. Lokasi *Site* skema antenna MIMO 2X2 CADS3 (SFR)

Nama	Longitude	Latitude
Site0	106°37'39,21"E	7°56'7,6"S
Site1	106°36'1,87"E	7°57'4,13"S
Site2	106°36'2,3"E	7°58'56,43"S
Site3	106°37'39,65"E	7°57'59,9"S
Site4	106°39'16,99"E	7°57'3,36"S
Site5	106°37'40,09"E	7°59'52,2"S

f. Penampakan *Site* skema antenna MIMO 2X2 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR)



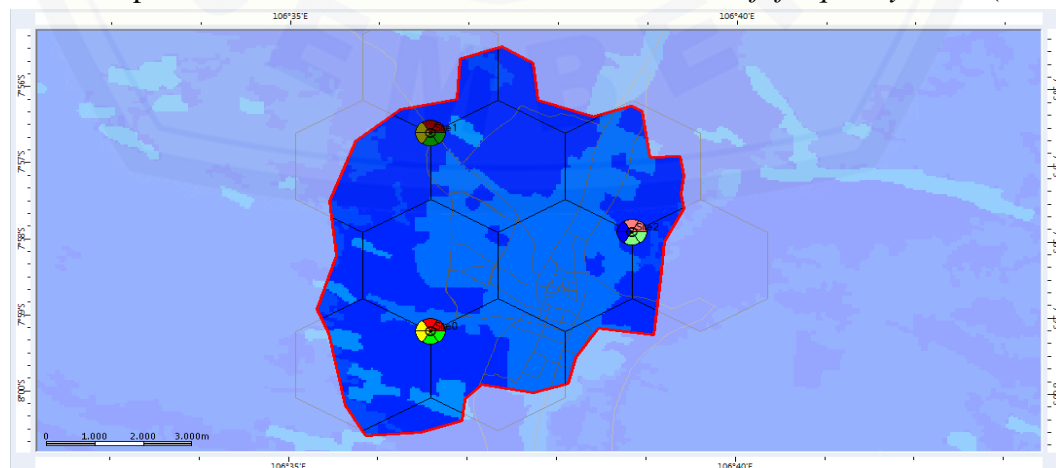
Gambar 3. Posisi *Site* skema antenna MIMO 2X2 CADS3 (SFR)

g. *Plotting Site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR)

Tabel 4. Lokasi *Site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3 (SFR)

Nama	Longitude	Latitude
Site0	106°36'35,05"E	7°59'12,22"S
Site1	106°36'34,44"E	7°56'35,98"S
Site2	106°38'50,48"E	7°57'53,57"S

h. Penampakan *Site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR)



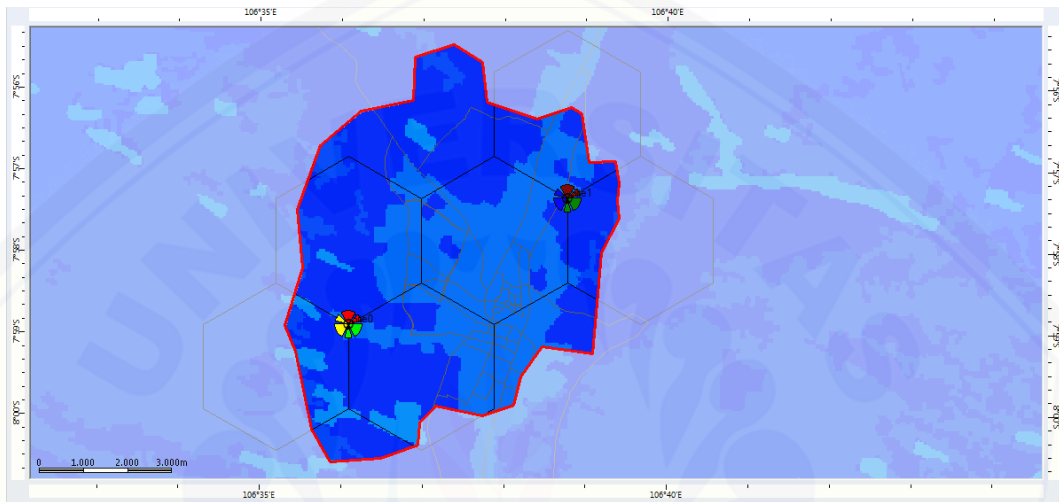
Gambar 4. Posisi *site* skema antenna MIMO 4X4 CADS3 (SFR)

i. *Plotting Site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR)

Tabel 5. Lokasi *Site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3 (SFR)

Nama	Longitude	Latitude
Site0	106°36'5,46"E	7°58'53,78"S
Site1	106°38'46,27"E	7°57'20,38"S

j. Penampakan *Site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3 *Soft frequency reuse* (SFR)



Gambar 5. Posisi *site* skema antenna MIMO 8X8 CADS3 (SFR)